

LIKENNEMELU JA SEN TORJUNTA

Esimerkkinä ekologiset melusteet

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Miljösuunnittelu
Opinnäytetyö
Kevät 2010
Lilli Lehtinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

LEHTINEN, LILLI: Liikennemelu ja sen torjunta
Esimerkkinä ekologiset melusteet

Miljöösunnittelun opinnäytetyö, 84 sivua, 10 liitesivua

Kevät 2010

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan liikennemelua ja sen torjuntaa. Meluntorjuntaa pyritään edistämään ekologisin melustein. Työn aihe on ajankohtainen, sillä meluntorjunnan merkitys liikennealueilla kasvaa jatkuvasti. Lisäksi ekologinen näkökulma on meluntorjunnassa tuore. Opinnäytetyö on suoritettu Lahden kaupungin teknisen ja ympäristötoimialan melutyöryhmän toivomuksesta.

Työn tavoitteena on tuottaa lisää tietoa ekologisesta meluntorjunnasta. Tähän tavoitteeseen sisältyy perehtyminen meluun. Tavoitteena on myös ideoida vaihtoehtoisia ekologisia melusteita, joita on mahdollista hyödyntää melustekokeilussa Lahden Kujalassa. Opinnäytetyötä käsitellään ekologisuuden lisäksi esteettisestä sekä ympäristöpsykologisesta näkökulmasta.

Työ perustuu kirjallisuuden ja elektronisen aineiston tutkimiseen, joiden tueksi on suoritettu haastatteluja sekä vierailuja. Elektronisen aineiston tutkimisessa pääroolissa ovat olleet ulkomaiset ekologiset meluste-esimerkit. Näiden tietoperustojen pohjalta on tehty suunnitelmaosuus, jossa tarjotaan erilaisia vaihtoehtoja ekologiseen meluntorjuntaan. Suunnitellut melusteet ovat kestävä kehityksen mukaisia ja ne puoltavat paikallisuutta. Esteissä on käytetty kierrätyskelpoisia materiaaleja sekä luonnonmukaisia rakennusaineita, jotka ovat paikallisia. Paikallisuus ilmenee myös ehdotetussa alueellisen työvoiman käytössä melustekokeilussa.

Suunniteltujen melusteiden testaaminen on tärkeää, jotta saadaan selville esteiden todelliset rakenteelliset ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia voidaan parantaa esteitä kehittämällä, ja tässä työssä esitelläänkin ensisijaisesti ehdotuksia ympäristöystävällisempään melustekehitykseen. Opinnäytetyössä suunnitellut ekologiset melusteet voivat toteutuessaan varsinaisen ympäristöystävällisyytensä lisäksi tukea luonnon monimuotoisuutta, vähentää ilmansaasteiden vaikutuksia tai esimerkiksi lisätä sosiaalista yhteisöllisyyttä.

Avainsanat: melu, meluntorjunta, melusteet, ekologisuus liikennemeluntorjunnassa, ekologiset melusteet, liikennemelu

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

LEHTINEN, LILLI: Traffic noise and its abatement
 Ecological noise barriers

Bachelor's Thesis in Environmental Planning, 84 pages, 10 appendices

Spring 2010

ABSTRACT

This Bachelor's thesis investigates traffic noise and its abatement. Noise abatement is tried to improve with ecological noise barriers. This topic is current because the importance of noise abatement increases in traffic areas all the time. Furthermore, the ecological aspect is quite new in noise abatement. The thesis was commissioned by the Urban Planning Office of the Technical Affairs Department of Lahti.

The aim of this study was to produce more information about ecological noise abatement. This aim included studying noise. The aim was also to plan alternative ecological noise barriers that are possible to utilize in a noise barrier test in Kujala, Lahti. In addition to ecology, the study also discusses aesthetic and environmental aspects.

The work is based on the investigation of literature and electronic materials. In addition, interviews and visits were made. The main part in the investigation of the electronic material has been the foreign ecological noise barrier samples. Based on the received information, different alternatives for ecological noise abatement were created. The noise barriers were planned according to the values of sustainable development and locality. Local recyclable materials and local, natural building materials were used for the noise barriers. Locality is also appeared when using regional labour in noise barrier test.

Testing the planned noise barriers is essential in order to find out the real constructive qualities of the barriers. These qualities can be improved by developing the barriers whereas this study presents primarily propositions for the development of more environmentally friendly noise barriers. Besides the environmental values, the planned ecological noise barriers have also other positive impacts, such as the support of biodiversity, reducing the impacts of air pollutants or for instance increasing social communality.

Key words: noise, noise abatement, noise barriers, ecology in traffic noise abatement, ecological noise barriers, traffic noise

SISÄLLYS

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT	1
1 JOHDANTO	4
2 MELUN LYHYT HISTORIA	6
2.1 Melu lähihistoriassa	6
2.2 Melutilanne nykypäivänä Suomessa	9
2.2.1 Ohjearvot	10
2.2.2 Katsaus melutilanteeseen	12
2.2.3 Melutilanteen vertaaminen muihin maihin	12
2.2.4 Meluun liittyviä ongelmia nykypäivänä	13
2.3 Melutilanteen kehittyminen Suomessa – Tulevaisuuden visiot	15
3 MELU	18
3.1 Melun synty	18
3.2 Äänen eteneminen	19
3.3 Melun kokeminen ja meluherkkyys	20
3.4 Meluun sopeutuminen	21
3.5 Melun vaikutukset	22
3.5.1 Yhteiskunnalliset vaikutukset	24
3.5.2 Tieliikennemelun ja pienhiukkasten yhteisvaikutukset	25
4 MELUNTORJUNTA	26
4.1 Toimintojen sijoittelu	26
4.2 Päästöjen vähentäminen	27
4.3 Melun etenemisen estäminen	28
4.4 Kohteen suojaaminen	29
4.5 Muita keinoja	30
5 MELUESTEET	32
5.1 Melueteratkaisut	32
5.2 Sijainti	33
5.3 Meluesteiden akustiset vaatimukset	34
5.4 Meluesteiden rakennetekniset vaatimukset	35
5.5 Meluestearkkitehtuurin periaatteet	37

5.6	Meluestearekkitehtuurin kriteerit	38
5.7	Melusteiden sovittaminen ympäristöön	40
5.8	Meluste ympäristön ihmisten ja tiellä liikkuvien kannalta	42
6	EKOLOGISUUS LIIKENNEMELUNTORJUNNASSA	44
6.1	Luonnon monimuotoisuus	44
6.2	Jätteiden minimointi ja rakennusmateriaalien kierrätys	45
6.3	Paikallisuus	47
6.4	Ekotehokkuus	48
6.5	Rakennusmateriaalien ekologisuus	49
6.5.1	Puupohjaiset tuotteet	52
6.5.2	Kiviperäiset tuotteet	53
6.5.3	Metallipohjaiset rakennustuotteet	53
6.5.4	Muovit	54
6.6	Rakennusmateriaalien energiasisältö	55
6.7	Luonnonmukaiset rakennusaineet	55
6.8	Ekologinen meluntorjunta ulkomaalaisissa esimerkeissä	57
7	EKOLOGISEN MELUESTEEN SUUNNITTELU	58
7.1	Tausta	58
7.2	Suunnittelun perusteet	59
7.3	Testaus	60
7.4	Suunnitelmaehdotukset	61
7.4.1	Ekologinen meluvalli	61
7.4.2	Ekologinen meluaita	64
7.4.3	Ekologisen meluvallin ja -aidan yhdistelmä	69
7.4.4	Yhteenveto ehdotelmista	70
8	YHTEENVETO	73
	KIRJALLISET LÄHTEET	75
	MUUT LÄHTEET	78
	LIITTEET	85

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Absorptio	Ääniaallon osuessa pintaan osa äänestä heijastuu, mutta osa absorboituu eli imeytyy pintaan. Absorptio tarkoittaa siis ääniaaltojen imeytymistä aineeseen. (Lahti 2003, 50.)
Absorboiva melueste	Absorboivan meluesteen pinta on ääntä imevä, jolloin melu ei heijastu sen pinnasta eikä melu lisäännä tien vastakkaisella puolella (Lahti 2003, 99).
Amplitudi	Värähdyslaajuus, värähdysliikkeen laajuus (Nurmi, Rekiaro & Rekiaro 2001, 16).
A-taajuuspainotus	Taajuuspainotus jäljittelee kuulon herkkyyttä erikorkuisille äänille. Taajuuspainotukset muodostavat joukon A, B, C. Nykyisin käytetään lähes pelkästään A-painotusta, joka on tekninen pelkistys korvan taajuusvasteesta melko hiljaisilla, keskimäärin 35 - 45 desibelin äänillä. (Lahti 2003, 17.)
Desibeli	Desibeli (dB) on logaritminen yksikkö, joka kuvastaa äänenpainetasoa. Koska korva on paineherkkä, melua mitataan äänenpaineena. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 11.)
Diffraktio	Akustiikassa diffraktio tarkoittaa äänen taittumista. Ääniallot pyrkivät taittuman kohtaamansa esteen taakse. (Rossing 1990.)
Hiljaiset alueet	Ympäristöhallinnon vuoden 2002 meluntorjunnan yleisten linjausten mukaan hiljaiset alueet ovat ympäristöjä, joissa luonnonäänet ovat vallitsevassa asemassa ja ih-

misten toimintojen aiheuttamat melutasot ovat selvästi ohjearvoja alhaisempia. Ihmisen toiminnasta aiheutuvia ääniä kuuluu korkeintaan satunnaisesti. Hiljaisuus on kattokäsite hiljaisille alueille, jotka koostuvat luonno-
rauha-alueista, maaseutumaisista hiljaisista alueista, kaupunkimaisen hiljaisista alueista sekä erityiskoh-
teista, kuten maailmanperintökohteista. (Karvinen & Savola 2004, 19 - 20, 49.)

Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki on ilmastovaikutusten mittari, jota käytetään valtiotasolta yksittäisiin yritysten, henkilöiden tai tuotteiden ilmastokuorman mittaamiseen. Hiilijalanjälki kuvaa, kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä tuotteesta tai toiminnasta syntyy. Hiilijalanjälki ilmoitetaan massana. (Natural Interest 2010.)

Keskiäänitaso

Keskiäänitaso on A-painotetun äänipaineen pitkän ajan tehollisarvon taso, joka muodostetaan äänipaineen nelioikeskiarvosta. Keskiäänitaso on vakiintunut vaihtelevan melun voimakkuuden arviointitavaksi. (Lahti 2003, 20.)

Kognitiiviset toiminnot

Kognitiivisiin toimintoihin kuuluvat tarkkaavaisuus, havaitseminen, muisti, ajattelu, kieli sekä oppiminen. Näiden toimintojen avulla ihminen kokoaa tietoa vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. (Peda.net – kouluverkko 2010.)

Melulle herkät kohteet

Melulle herkissä kohteissa esiintyy paljon melun kanalta riskiryhmiin kuuluvia ihmisiä, kuten sairaita, kuntoutettavia, sokeita, huonokuuloisia, lapsia, vanhuksia sekä hyvää havaintokykyä vaativaa työtä tekeviä. Melul-

le herkissä kohteissa melun vaikutus ilmenee sekä suoraan että välillisesti. (Liikonen & Leppänen 2005, 42).

Profiloitu melueste	Profiloidun eli hajottavan meluesteen pinta aaltoilee, jolloin siitä heijastuva ääni hajoaa moniin satunnaisiin suuntiin. Este voi olla myös pituussuunnassa profiloitu (niin kutsutusti säleaitaharjainen), jossa harjan korkeus vaihtelee säännöllisesti. (Lahti 2003, 99.)
VOC-päästöt	VOC-yhdisteet ovat kaasuja, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Niiden päästölähteitä ovat erityisesti rakennus- ja sisustusmateriaalit, kalusteet sekä pesuaineet. Etenkin monen yhdisteen yhteisvaikutuksena VOC-yhdisteet aiheuttavat terveydellisiä vaikutuksia, kuten päänsärkyä sekä silmien ja limakalvojen ärsytysoireita. (Hengitysliitto Heli ry 2010.)
Väyläympäristö	Väyläympäristö koostuu väylästä ja sen liittymistä, rampeista, kaikista väylän varusteista sekä rakenteista ja koko lähiympäristön näkymästä (Melustekäsikirja 1997, 109).
Ääniteho	Ääniteho eli akustinen säteilyteho on äänilähteen ominaisuuksia kuvaava suure, jonka yksikkö on watti (Järvinen 2007).
Äänipaine	Äänen paine on fysikaalinen suure, jossa ääntä on se osa kokonaispaineesta, joka vaihtelee ilmanpaineen suhteen. Vaihtelu on äänipaine. (Lahti 2003, 9.)

1 JOHDANTO

Jatkuvasti lisääntyvä liikenne on suurin melun aiheuttaja nykypäivänä ja tieliikenne on merkittävin liikennemelun lähde. Liikennemelu aiheuttaa paitsi terveysvaikutuksia, myös yhteiskunnallisia vaikutuksia. On arvioitu, että meluongelma maksaa yhteiskunnalle noin 0,2 - 2 % bruttokansantuotteesta. (Lahti 2003, 7; Liikonen & Leppänen 2005, 13, 39 - 40.)

Melulle asetetut ohjearvot ja lainsäädäntö ovat kehittyneet meluntorjunnassa vähitellen. Melun kokeminen on kuitenkin yksilöllistä ja meluntorjunnassa tulisi ottaa enemmän huomioon meluherkkyys. Meluntorjuntatapoja on useita, mutta ennen kaikkea on tärkeää ennaltaehkäistä melun syntyä. Täten meluesteet eivät ole ensisijainen meluntorjuntakeino, mutta useissa tapauksissa melueste on melko tehokas tapa vaimentaa melua. Parhaimmillaan melueste voi meluntorjunnan lisäksi esimerkiksi rikastuttaa maisemaa ja olla ekologinen. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27.)

Ekologisessa meluntorjunnassa tulee huomioida muun muassa luonnon monimuotoisuus, jätteiden minimointi, kierrätys, elinkaariajattelu sekä ekotehokas tuotanto. Ekologinen melueste voi olla etenkin tulevaisuuden vaihtoehto meluntorjunnassa, jos on riittävästi resursseja esteiden testaamiseen ja kehittelyyn. Ekologisten meluesteiden käyttöönotto vaatii koetoimintaa ja prototyyppien tekoa sekä yhteistyötä, rahoitusta ja innovatiivisuutta. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien ekologisuus 1999, 1, 8.)

Tässä opinnäytetyössä ekologisuudella on suuri merkitys, mutta lisäksi on käytetty jonkin verran esteettistä ja ympäristöpsykologista näkökulmaa. Esteettinen näkökulma on oleellinen viihtymisen kannalta, ja jotta meluesteet nähdään myönteisenä meluntorjunnan keinona, niiden tulee sovittautua ympäröivään maisemaan. Esteiden tulee herättää positiivisia mielikuvia tien käyttäjien sekä lähiympäristön asukkaiden ja alueella oleskelevien keskuudessa.

Ympäristöpsykologinen ote työhön tukee esteettistä näkökulmaa, sillä ympäristöpsykologia tutkii ihmisen ja fyysisen ympäristön suhdetta. Rakennetun ympäristön, mukaan lukien melusteiden, yksi tehtävä on tukea ihmisen psykologista kehitystä. Tähän tarvitaan ymmärrystä ihmisen ja ympäristön suhteesta. Yhdessä nämä kolme näkökulmaa muodostavat kokonaisuuden, jonka tavoitteena on tuottaa tietoperusta ekologisten melusteiden suunnitteluun olettaen, että tekniset vaatimukset täyttyvät. (Aura, Horelli & Korpela 1997, 7.)

2 MELUN LYHYT HISTORIA

Melu on riippuvainen kokijasta sekä kulttuurista (Ampuja 2007, 22), minkä vuoksi tässä opinnäytetyössä melua tarkastellaan lähihistorian kautta päätyen tulevaisuuden visioihin. Historiaan paneutuminen selittää osaltaan nykytilannetta ja antaa suuntaa tulevaisuuden melutilanteelle. Subjektiivinen kokeminen huomioidaan osittain jo historiaosuuden aikana, mutta erityisesti kerrottaessa myöhemmin eritellysti subjektiivisesta kokemisesta ja meluherkkyydestä.

Tiivistetysti voidaan sanoa, että väestönkasvu, kaupungistuminen, teollistuminen, tekninen kehitys sekä jatkuvasti lisääntyvä liikenne ovat lisänneet meluhaittoja historian alusta asti tähän päivään saakka. Ihmisen korva on tarkoitettu alun perin luonnon äänille eli täysin toisenlaiseen ympäristöön, missä nykypäivänä elämme. (Lahti 2003, 25; Starck & Teräsvirta 2009, 10.)

2.1 Melu lähihistoriassa

Länsimaisessa kulttuurissa melu on aika ajoin liitetty voimaan, edistykseen sekä tehokkuuteen alkaen 1700-luvun lopulta 1900-luvun alkupuolelle. On ollut yleistä ajatella, että koneen tai tehtaiden aiheuttama melu on korvinkuultava todistus voimasta. Modernisoituneet kaupungit lisääntyneellä melullaan ovat osoittaneet edistykSELLISYYTTÄ, kun taas hiljaiset kaupungit on mielletty (ja jossain määrin vieläkin mielletään) takapajuisiksi. (Ampuja 2007, 22 - 23, 27.)

Toisaalta melua on pidetty jossain määrin ongelmana jo kautta ihmiskunnan historian. Varsinainen melunvastainen kampanjointi on kuitenkin alkanut monissa Euroopan maissa ja Yhdysvalloissa vasta 1900-luvun alkuvuosikymmeninä, jolloin melusta valittaminen on saatettu mieltää myös edistyksen vastustamiseksi. Toiminta melun vastustamiseen on vaimentunut silti yksinkertaiseen havaintoon 1900-luvun alkupuolella: meluongelmaan ei ole löydettävissä selkeää ratkaisua. Lisäksi melukysymystä ei ole pidetty riittävän painoarvoisena, jotta taloudellisia uhrauksia tai elintapojen muutoksia olisi syntynyt. Siitä huolimatta jo tuolloin on opittu, että melun vaimentamiseksi tarvitaan lakien ja uuden teknologian lisäksi

uusi ajattelutapa sekä uudet arvot. Melunvastaisessa kampanjoinnissa melu on yhdistettykin symboloivan epäjärjestyä, rumuutta ja primitiivisyyttä. (Ampuja 2007, 25 - 27.)

Suomessa meluttomuutta on alettu vaatia laajemmin sodan jälkeen vaurastumisen, kaupungistumisen ja elinkeinorakenteen muutoksen myötä. Suomessa on ollut meluisaa jo 1950-luvun puolesta välistä lähtien vähintäänkin vilkkaimmin liikennöidyillä kaduilla. Suurin yksittäinen syy ainakin Helsingin äänimaiseman muuttumiselle on ollut liikenteen, erityisesti yksityisautoilun, lisääntyminen eritoten 1960-luvulta eteenpäin. 1960-luvun lopulta lähtien meluongelmaan on paneuduttu valtiollisella tasolla ja melu on määritelty tuolloin virallisesti toimia vaativaksi ympäristöongelmaksi. Samoihin aikoihin lainsäädäntöä sekä säädöksiä on alettu kehittää ja vuosina 1965 ja 1967 on annettu valtakunnallisesti korkeimmat sallitut melutasot määrittelevät terveydelliset ohjearvot. Vuonna 1965 on perustettu myös Meluntorjunnan edistämisyhdistys, joka myöhemmin on toiminut nimellä Meluntorjunta ry. Yhdistyksen motiiveina ovat olleet havainto melun muodostumisesta ihmiselle terveydellisesti tai muuten haitalliseksi sekä tarve julkisesta valistustyöstä meluntorjunnassa. Yhdistyksen toiminta on hiipunut 1980-luvulla, koska osa jäsenistä on tuntenut saavuttaneensa osittain tavoitteensa, johon on kuulunut melua koskevat standardit sekä lainsäädännön kehittäminen. (Ampuja 2007, 64, 227 - 229, 232.)

1970-luvulla julkinen sektori on ottanut vastuuta meluongelmasta ympäristökysymysten politisoituessa, jolloin on tuotettu melua koskevia selvityksiä, raportteja sekä ohjeistuksia. Melu on myös tuolloin sisällytetty ympäristönsuojelun tavoitteisiin. Kuitenkaan melun kohdalla ei ole aluksi saatu aikaan juuri mitään. Vesien- ja ilmansuojelu on koettu tärkeämmäksi ja nopeampia toimia vaativiksi ympäristönsuojelun kohteiksi. Varsinainen meluntorjunta on käynnistynyt siis verkkaaisesti ja yhtenäinen meluntorjuntalaki on saatu vasta vuonna 1987. Lakia on muutettu myöhemmin useampaan otteeseen, mutta sen perustelujen mukaan meluntorjunnan yleisenä päämääränä on terveellinen ja viihtyisä elinympäristö, jossa tulee myös voida nauttia hiljaisuudesta sekä luonnon äänistä. Lisäksi muun muassa melulta suojattuja virkistysalueita tulee olla riittävästi. Viimeistään vuodesta 1975

lähtien Helsingin kaupunki on budjetoinut varoja säännöllisesti meluntorjuntaan. (Karvinen & Savola, 2004, 7; Ampuja 2007, 86, 117 - 118, 228 - 229.)

Lahden kaupungin liikenne- ja kadunsuunnitteluosasto on tehnyt vuonna 1980 selvityksen melusteiden tarpeellisuudesta ja kiireellisyysjärjestyksestä Lahdessa, jossa on selvitetty muun muassa melulle alttiina oleva väestö sekä annettu kustannusarvio kaavailluista melusteista. Selvityksen mukaan suurimmat meluongelmat Lahdessa ovat olleet tuolloin keskustassa, jossa meluntorjuntaan voidaan tehdä kaikkein vähiten. Selvityksessä ei ole esitetty keskustan alueelle erityisiä meluntorjunta-ratkaisuja, vaan ikkunoiden tiivistäminen ja parantaminen on koettu tuolloin tehokkaimmaksi keinoksi. Selvityksessä myös todetaan, että kokonaisuutena liikennemeluhaittojen oleellinen vähentäminen on melko vähäisessä määrässä mahdollista teknillistaloudellisesti. Maankäytön suunnittelussa on pyritty ehkäisemään liikenteen tarpeetonta meluhaittaa, jolloin vältetään torjuntakustannuksilta. (Selvitys melusteiden tarpeellisuudesta ja kiireellisyysjärjestyksestä Lahdessa, 1980, 1, 16 - 17.)

Teknologiaalla on ollut pitkään avainasema meluntorjunnassa. Luottamus teknologiaan meluongelman ratkaisemiseksi on ollut vahva vuosikymmenten ajan, eritoten niin kutsuttujen kultaisten vuosien ajanjaksona 1950-luvulta 1970-luvulle. 1970-luvun jälkeen luottamus teknologiaan ympäristöherätyksen ja öljykriisinkin vuoksi on vaihdellut. Teknologinen kehitysoptimismi ei ole kuitenkaan kadonnut missään vaiheessa ja sillä on nykypäivänäkin vahva asema. (Ampuja 2007, 104 - 105.)

Teknologian kehittyessä myös vapaa-ajan viettoon liittyvän melun lisääntyminen on aiheuttanut närkästystä jo 1960-luvulla. 1990-luvun lopulla uusia melun aiheuttajia – kuten moottorikelkat ja vesiskootterit – on ollut useita. Tällöin Suomen Luonnonsuojeluliitto on aktivoitunut melu- ja hiljaisuusteemoissa ja melukysymykset ovat nousseet laajamittaiseen julkiseen keskusteluun. Julkinen sektori on lisännyt toimintojen sekä viranomaisten määrää ja kokonaisuudessaan voluumi meluntorjunnassa on kasvanut. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista asetettiin vuonna 1992. Päätöksessä annetaan päivä- ja yöohjearvot ulko- ja sisäti-

loille. Meluntorjunnan rinnalle tarvitaan kuitenkin myös hiljaisuuden tai miellyttävien äänimaisemien vaalimista. Hiljaisuus on politisoitunut ja vuosituhannen vaihteessa on alkanut hiljaisten alueiden kartoittaminen. Onkin tärkeää saada jonkinlainen tasapaino melun ja hiljaisuuden välille. Luontoelämykset sekä luonnonrauha ovat nostaneet jatkuvasti rooliaan kaupunkien ja asuinpaikkojen läheisyydessä. (Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 29.10.1992/993; Karvinen & Savola 2004, 9; Ampuja 2007, 229, 236.)

Meluntorjunta tavoitteineen sisällytettiin vuonna 2000 voimaan tulleeseen ympäristönsuojelakiin, jota täydennettiin vuonna 2004 meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista. Vuonna 2006 valtioneuvosto antoi meluntorjunnasta periaatepäätöksen, jonka mukaan kansalaisilla, viranomaisilla ja eri toiminnanharjoittajilla tulee olla käytettävissä tarpeeksi tietoa melusta, sen torjumisesta, leviämisestä ja vaikutuksista. Periaatepäätöksen tavoitteena on viihtyisä, terveellinen ja vähämeluinen ympäristö. (Karvinen & Savola, 2004, 7; Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 3; Starck & Teräsvirta 2009, 15.)

2.2 Melutilanne nykypäivänä Suomessa

Nykypäivänä meluongelma on jäänyt monelta osin ratkaisematta etenkin tiiviillä kaupunkialueilla, mikä on luonut kulttuurisia paineita nähdä melu normaalina kaupunkielämään liittyvänä asiana. Melua ympäristöongelmana käsittelevissä teoksissa melu määritetään ei-toivotuksi ääneksi. Epämiellyttävä tai häiritsevä ääni taikka muulla tavoin ihmisen terveydelle tai hyvinvoinnille vahingollinen ääni on melua. Lisäksi melu voidaan määritellä yksilön ja ympäristön kannalta epämielekkääksi ja häiritseväksi ääneksi, joka rasittaa tai vahingoittaa ihmisen elimistöä fyysisesti tai psyykkisesti. (Lahti 2003, 10; Ampuja 2007, 233.)

2.2.1 Ohjearvot

Nykypäivänä Suomessa ympäristömelun yleiset ohjearvot ovat vuonna 1992 annettujen valtioneuvoston päätöksen mukaisia. Ulkotiloissa ohjearvo on 55 dB päivällä (klo 7-22) ja yöllä 50 dB (klo 22-7). Uusilla asuinalueilla ohjearvo on poikkeuksellisesti yöllä 45 dB. Virkistysalueiden ja loma-asumisen arvot ovat päivällä 45 dB ja yöllä 40 dB. (Finlex 2010b.)

Sisätiloissa pätevät seuraavat ohjearvot:

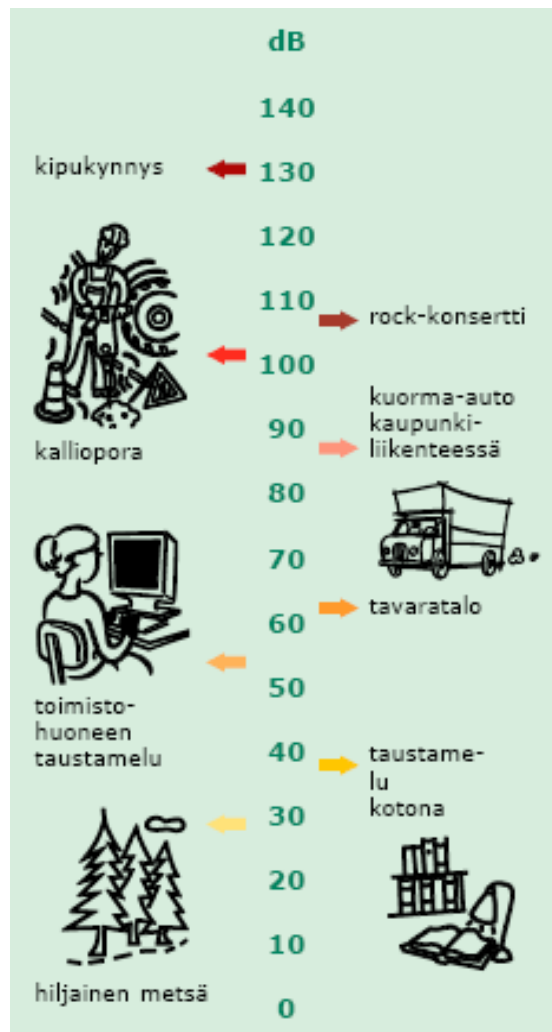
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa päivällä 35 dB / yöllä 30 dB.

Opetus- ja kokoontumistiloissa päivällä 35 dB.

Liike- ja toimistohuoneissa päivällä 45 dB.

(Finlex 2010b.)

Kaikki ohjearvot tarkoittavat A-painotettuja keskiäänitasoja ja lukemat perustuvat epidemiologisiin tutkimuksiin melun häiritsevyydestä. Seuraava kuva auttaa ymmärtämään eri äänenvoimakkuuksia (KUVIO 1). (Ampuja 2008, 16.)



KUVIO 1. Esimerkkejä äänen voimakkuuksista. Lähde: Tiehallinto 2010

Äänitason pienelläkin muutoksella on merkitystä ihmiselle. Alla oleva kuva helpottaa tulkitsemaan muutoksia (KUVIO 2).



KUVIO 2. Äänitasojen muutosten merkitys ihmiselle. Lähde: Tiehallinto 2010

2.2.2 Katsaus melutilanteeseen

Nykyisin päiväajan yli 55 dB:n ympäristömelualueilla asuu suomalaisia keskimäärin 800 000 - 900 000, joka on noin 17 % Suomen asukasmäärästä. Maanteiden ja katujen melualueilla asukkaita on noin 750 000 asukasta, joka vastaa 14 % Suomen asukkaista. Tieliikenne onkin merkittävin ympäristö- ja liikennemelun lähde. Seuraavaksi suurimmat melulähteet ovat raideliikenne (48 500 asukasta / 0,9 %) ja lentoliikenne (22 800 asukasta / 0,45 %). On kuitenkin huomioitava, että melulle altistumisen arviointi täsmällisesti on hankalaa, sillä meluselvityksen eri vaiheissa ilmenee epävarmuustekijöitä. (Liikonen & Leppänen 2005, 13, 39 - 40.)

Tiehallinto on rakentanut vuosina 1996 - 2003 meluesteitä liikennemelun kannalta ongelmallisimmille kohteille. Rakennetut meluesteet ovat näinä vuosina vähentäneet keskimäärin 39 000 asukkaan meluhaittoja. Kyseisiä ongelmallisimpia kohteita ovat maanteiden yli 65 dB:n melutasolle altistuvat asukkaat, joita tulee olla vähintään parikymmentä alueella. Ongelmallisia kohteita ovat myös yli 65 dB:n melualueet, joilla on melulle herkkiä toimintoja, sekä 55 - 65 dB:n melualueet, joissa melulle altistuvia asukkaita on kymmeniä tai enemmän. (Liikonen & Leppänen 2005, 16.)

Suomessa kuntien meluntorjunta on keskittynyt nykyään pääasiassa uusien kaava-alueiden meluntorjunnan hoitamiseen, jolloin melulle altistuvien määrät eivät enää kasvaisi. Kunnissa tehdään siis paljon kaavoitukseen liittyviä pieniä meluselvityksiä, kun taas olemassa olevien melulähteiden melulle altistuvien suojaamiseen ei löydy juurikaan resursseja. (Liikonen & Leppänen 2005, 17.)

2.2.3 Melutilanteen vertaaminen muihin maihin

Melun kokeminen on vahvasti kulttuurisesti värittäytynyttä. Verraten niin kutsuttuun etelän melukulttuuriin Suomea on pidetty hiljaisena maana. Kuitenkin melu on myös Suomessa vakava ongelma, johon on pyritty tarttumaan ajoissa ainakin verrattuna useisiin muihin maihin. (Ampuja 2007, 202; Ampuja 2008, 125.)

Altistumista ympäristömelulle on hankala verrata valtioittain. Käytetyt tunnusluvut ovat erilaisia ja myös ohjearvot poikkeavat toisistaan. Eri maiden julkaisemat hiljaisuuden kriteerit, ohjearvot ja alueiden suojaetäisyydet vaihtelevat suuresti. Ei siis ole yhtäläistä tapaa arvioida altistumista, kun käsitykset ja käytetyt menetelmät vaihtelevat valtioittain. (Pesonen 2004, 5; Liikonen & Leppänen 2005, 45.)

Yhtäläisyyttä Euroopan unionin alueella ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta tuo kuitenkin vuonna 2002 voimaan tullut Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2002/49/EY). Jäsenmaissa pyritään arvioimaan ympäristömelua yhteisillä menetelmillä ja varmistetaan, että kansalaisilla on tietoa ympäristömelusta ja sen vaikutuksista. Tavoitteena direktiivillä on määritellä yhteinen toimintamalli, jonka avulla ympäristömelulle altistumisen haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen voidaan välttää, ehkäistä sekä vähentää. (Liikonen & Leppänen 2005, 45.)

Yleisesti voidaan sanoa, että Suomessa melulle altistuvia näyttäisi olevan jonkin verran vähemmän kuin muissa Euroopan maissa. Suhteellisen luotettavasti vertailu onnistuu Suomen ja Ruotsin välillä. On todettu, että Suomessa tieliikenteen melulle altistuvien määrän olevan noin 14 %, kun Ruotsissa vastaava osuus on 16 % asukkaista. Voidaan olettaa, että tulokset ovat yleisestikin varsin lähellä toisiaan. (Liikonen & Leppänen 2005, 49.)

Meluasioissa Ruotsi näyttää olevan melko valveutunut. Pohjoismaista Ruotsi on edeltäjä hiljaisten alueiden kartoituksen edistämisessä. Ruotsissa on ollut meneillään myös laaja SoundscapeSupport to Health -tutkimus, joka selvittää äänimaisemien ja terveysvaikutusten yhteyttä kaupunkiympäristöissä. Tutkimuksen tulosten seuranta ja soveltaminen myös Suomeen olisi toivottavaa. (Karvinen & Savola, 2004, 7, 45.)

2.2.4 Meluun liittyviä ongelmia nykypäivänä

Meluun liittyy nykypäivänä erilaisia ongelmia. Meluntorjuntaohjelmia ei ole aina pystytty toteuttamaan määrärahojen puutteen vuoksi ja tälläkin hetkellä kustan-

nukset ovat ratkaisevassa asemassa meluntorjunnassa. Toinen tärkeä seikka on päätöksenteko. Meluun liittyvät päätökset ovat sitoutuneet pitkälti yhteiskunnan valtarakenteisiin sekä aatemaailmaan. Melua koskevat ohjearvot on tarkoitettu suojelemaan melupäästöiltä, mutta samalla ne ovat osa valtarakennelmaa, joka käsittelee resurssien asettamista arvojärjestykseen. Ohjearvoja pienemmät lukemat ajatellaan olevan automaattisesti hyväksyttäviä ja näin ollen saatetaan toteuttaa vain minimivaatimukset. Meluarvot eivät myöskään tue melun kokemisen subjektiivisuutta ja ohjearvojen kritisointi menestyksekkäästi perustuu lähinnä luonnontieteelliseen tutkimustietoon vetoamiseen, joka osoittaisi arvojen virheellisyyden. (Ampuja 2007, 103, 120.)

Resurssien ja päätösten suuntaaminen meluongelman ehkäisemiseksi suuremmissa määrin olisi mahdollista taloudellisen motiivin synnyttyä. Melun vaikutusten haitat ja meluntorjunnan hyödyt tulisi ehdottomasti nähdä liiketaloudellisesti kannattavina ja niihin tulisi suhtautua vakavasti. Meluongelmassa voitaisiin havaita myös uusia ansaitsemismahdollisuuksia, kuten motiivi työvoiman uusintamisesta. (Ampuja 2007, 225, Starck & Teräsvirta 2009, 65.)

Muita ongelmia meluasioissa ovat olleet meluntorjuntatoimien hidas käynnistyminen. Toimet ovat myös olleet toisinaan tehottomia ja keskenään ristiriitaisia. Äänimaisemaan liittyvässä päätöksenteossa vaivaakin usein epäjohtonmukaisuus. Kun toisaalla pyritään torjumaan melua, toisaalla tehdään yhdyskuntarakennetta hajauttavia päätöksiä, jotka lisäävät liikennettä ja sitä kautta melua. Mikään taho ei ole vastuussa kokonaisuudesta. (Ampuja 2007, 117, Ampuja 2008, 81.)

Melupäästöjen hajanaisuus on myös meluntorjunnassa suuri ongelma. Yksittäisiä melulähteitä on paljon ja kokonaisuutta on erittäin vaikea hallita. Jatkuvasti lisääntyvät uudet laitteet eivät tue meluntorjuntaa. Yhteiskunnassa näytettäisiin sallittavan uudet laitteet herkästi, eikä haittoja tutkita riittävästi ennen myyntiä. Teknologian ympärille asetettavat säädökset ja lait säädetään yleensä jälkikäteen. Lisäksi meluun liittyvät asenteet tuottavat osaltaan ongelmia. (Ampuja 2008, 82 - 85, 87 - 88.)

Nykypäivänä melulle altistumisen sosiaalinen eriarvoisuus on problemaattinen. Melunsietopaineita on etenkin vähävaraisimpien keskuudessa kaupunkialueilla. Paremmiin toimeentulevilla kansalaisilla on suuremmat mahdollisuudet melun välttelyyn, toisin sanoen he voivat valita asuinalueensa rauhallisemmalta ja arvokkaammalta asuinalueelta. Lisäksi heillä on mahdollisuus äänieristää asuntoaan omalla kustannuksella. Onkin viitteitä siitä, että kaupungissa sijaitsevien asuntojen arvoa on nostanut rauhallisuus, kun taas erityisen meluisalla alueella sijaitsevien asuntojen arvo on laskenut. Nykypäivän Suomessa asuinalueen rauhallisuutta arvostetaankin suuresti. (Ampuja 2007, 202, 233.)

2.3 Melutilanteen kehittyminen Suomessa – Tulevaisuuden visiot

Melun historian perusteella voidaan ennustaa tulevaisuuden visioita melun suhteen. Tieliikennemelulle altistumisen voidaan odottaa lisääntyvän eritoten Helsingissä pääväylien varsilla ilman mittavaa meluntorjunnan lisäpanostusta, sillä liikennemäärät lisääntyvät jatkuvasti. Lisäksi aiheutuu paineita rakentaa melualueille, sillä yhdyskuntarakenteelle asetetaan tiivistämisvaatimuksia. Todennäköisesti samaan aikaan melulle altistumisen sosiaalinen eriarvoisuus lisääntyy ja asuinalueiden imagokysymys kasvaa. Yhdysvalloissa melulle altistumisen sosiaalinen eriarvoisuus on mennyt jo niin pitkälle, että on muodostunut erillisiä meluslumeja. (Haahla 2007, 16 - 24; Ampuja 2007, 233.)

Edistysoptimismi teknologiaa kohtaan pysynee korkeana. Ainakin Euroopan ja Aasian miljoonakaupungeissa on tuloillaan korkea teknologia diffraktion torjumiin. Japanissa meluesteen harjalle asennetut diffraktioelementit pyrkivät taittamaan tai heijastamaan äänen takaisin tielle tai ylöspäin taivaalle. Kokeilun alla on myös erilaisia äänenhallintajärjestelmiä, jotka vaimentavat melun vastaanellä. Mikäli meluidan harjalla on tietyllä amplitudilla oleva äänipaineen tihentymä, siihen pyritään tuottamaan samalla amplitudilla oleva äänipaineen harventuma. (Meluongelmat kasvattavat meluesteiden markkinoita 2002.)

Tulevaisuudessa voisi uskoa suhtautumisen ja asenteiden muuttuvan meluasioden tullessa entistä ajankohtaisemmiksi ja yleisemmiksi. Täten myös saatetaan lisätä meluntorjunnan resursseja. Melulle altistuvien määrä kasvaa, mutta säädökset luultavasti tarkentuvat ja kiristyvät. Hiljaisuus kaupallistuu entisestään. Tulevaisuus näyttää, otetaanko ekologista näkökulmaa ja meluherkkyyttä huomioon.

Mahdollisia jatkotoimia

Jotta kunnissa ja valtakunnallisestikin osataan tehdä tulevaisuudessa oikeita päätöksiä voimavarojen kohdistamisesta, tarvitaan melun leviämisestä ja sille altistumisesta riittävän tarkat ja luotettavat tiedot. Meluselvitysten tekemisessä ja melutiedon kokoamisessa on paljon parannettavaa. Etenkin alle 15 000 asukkaan kunnat ovat tehneet hyvin vähän meluselvityksiä. Ehkä tulevaisuudessa luodaan kevyempi menetelmä, jolla saadaan riittävästi tietoa melulle altistuvien määrästä. Mahdollisesti myös meluherkkiin kohteisiin kiinnitetään jatkossa enemmän huomiota. (Liikonen & Leppänen 2005, 51.)

Suomessa on selvitetty useammalle eri melulähteelle altistumista samanaikaisesti hyvin vähän. Kuitenkin altistumista useammalle eri melulähteelle esiintyy paikoin. Tulevaisuudessa tuliskin selvittää, kuinka paljon tällaisia alueita on, minkälaisia ovat kokonaismelutasot näillä alueilla ja miten asukkaat kokevat melutilanteen. (Liikonen & Leppänen 2005, 51.)

Meluselvitysten laatu tulisi saada yhtäläiseksi etenkin selvitysten tekemisen ja raportoinnin suhteen. Tällä hetkellä voimassa oleva ohjeistus melun mittaamisesta on melko yleinen. Myös paikkatietoja tulisi hyödyntää jatkossa enemmän ja yhdistää melukäyrät ja paikkatiedot melutilanteen muutosten tutkimiseksi. Nykyinen tietotekniikka mahdollistaisi ajantasaisen paikkatietoon perustuvan melutietojärjestelmän kehittämisen. Tietojärjestelmästä löytyisi meluavan toiminnan sijaintitiedot, tiedot melualueen asukkaista, herkistä kohteista sekä siellä tehdyistä meluntorjuntatoimenpiteistä. Lisäksi hiljaisten alueiden kartoitusmenetelmät tulisi luoda toimiviksi ja riittävän yksiselitteisiksi. Kuntiin tai pienemmille alueille, ku-

ten matkailualueille ei ole ainakaan vielä olemassa ohjeistusta tai kriteereitä hillaisten alueiden selvittämisestä. (Liikonen & Leppänen 2005, 51 - 52.)

3 MELU

Melu on samanaikaisesti niin paikallinen, rajallinen kuin maailmanlaajuinenkin ongelma. Se on yleinen häihteekijä, jota esiintyy jatkuvasti ja joka on levinnyt kaikkialle. Suhtautuminen meluun kuitenkin vaihtelee suuresti valtioittain ja monesti melun kokemisen subjektiivisuus unohdetaan lakeja ja ohjearvoja laatiessa. Melun kustannuksista EU on laatinut arvion, jonka mukaan se maksaa yhteiskunnalle keskimäärin 0,2 – 2 % bruttokansantuotteesta. (Lahti 2003, 7.)

3.1 Melun synty

Ääni syntyy, kun ilman hiukkaset alkavat liikkua erinäisestä syystä edestakaisin tai kun ilmaan muodostuu paine-eroja. Liikenopeus ja paine ovat yhteydessä toisiinsa niin, että jos toinen niistä esiintyy, samanaikaisesti esiintyy myös toinen. Äänilähde säteilee ympärilleen poispäin menevän ääniaallon, jossa ääniteho leviää laajemmalle alueelle etäisyyden kasvaessa. Samalla äänipaine pienenee. Äänitehon sekä -paineen pieneneminen on riippuvainen äänilähteen koosta ja muodosta. Pistemäinen melulähde leviää palloaaltona, ja se on tarkasteluetäisyyteen verrattuna pieni melulähde. Viivalähde puolestaan leviää sylinteriaaltona, ja se on pitkä sekä kapea melulähde. (Lahti 2003, 35, 43.)

Liikennemelu koostuu piste- sekä viivalähteistä, ja se on suurin ympäristömelun lähde. Prosentuaalisesti ympäristömelu aiheutuu lähes yksinomaan liikenteestä, joka on havaittavissa seuraavasta taulukosta (TAULUKKO 1). Se kuvastaa altistumista ympäristömelulle Suomessa ja kohta ”muut melulähteet” tarkoittaa teollisuusmelun, rakentamismelun sekä vapaa-ajan toimintojen melun vaikutusta. (Lahti 2003, 35 - 36, 43 - 44; Tiihonen 1997, 18; Lahti 2003, 7, 43.)

TAULUKKO 1. Melulle altistuvien asukkaiden lukumäärä Suomessa melulähteittäin vuonna 2005 (Tervonen & Jylänki 2006, 29)

Melulähde	55-60 dB	60-65 dB	yli 65 dB	Yhteensä
Tieliikenne	220 755	87 526	40 920	349 201
Katuliikenne	370 800	35 020	6 180	412 000
Raideliikenne	37 376	9 431	1 746	48 553
Siviili-ilmailu	11 600	1 900	-	13 500
Muut melulähteet	-	-	-	17 450 – 25 000
Kaikki yhteensä	-	-	-	804 704 – 848 254

Liikennemelussa moottoriajoneuvoilla on kaksi melunaiheuttajaa: moottori (mu-
kaan lukien voimansiirto) sekä renkaan ja tienpinnan kosketus (vierimismelu).
Vierimismelu on hyvin merkittävä ympäristömelun synty tapa, ja sen merkitys
nousee vauhdin kasvaessa. Vierimismeluun vaikuttavia tekijöitä ovat muun muas-
sa renkaan pyörimisnopeus, materiaali ja pinnan kuviointi sekä tienpäällysteen
pintarakenne. (Lahti 2003, 35 - 36, 43 - 44; Tiihonen 1997, 18; Lahti 2003, 7, 43.)

3.2 Äänen eteneminen

Ääniaalto etenee enimmäkseen suoraviivaisesti. Pieni osa äänestä voi kuitenkin
kiertää esteen taakse, eli ääni taittaa tai karttaa hieman. Äänen edetessä pitkiä mat-
koja ilmassa, osa siitä absorboituu. Absorptioon vaikuttavat lämpötila sekä suh-
teellinen kosteus. (Lahti 2003, 46 - 47.)

Äänen kulkureitillä olevat pinnat voivat aiheuttaa äänen heijastumista, absorptiota
tai taittumista. Ääniaallon osuessa pintaan osa äänestä heijastuu ja osa absorboituu
siihen. Ympäristömelulla heijastuminen lienee ilmiöistä merkittävin. (Lahti 2003,
50.)

Äänen etenemiseen vaikuttavat meteorologiset ja maanpintaan liittyvät tekijät.
Meteorologisista tekijöistä vaikuttavat eniten tuulen voimakkuus sekä suunta ja

näiden muuttuminen eri korkeuksilla (tuuligradientit) ja lämpötilan muuttuminen eri korkeuksilla (lämpötilagradienit). Säätilan muutokset vaikuttavat yhä enemmän etäisyyden kasvaessa melulähteestä ja säätilat voivat vaihdella hyvin paljon sekä ajallisesti että paikallisesti. (Eurasto 2003, 28.)

Maanpintaan liittyvistä tekijöistä merkittävin on maanpinnan laatu. Maa voi olla ääntä absorboivaa eli akustisesti pehmeää tai kovaa, jolloin maa heijastaa ääntä. Maanpinnan laatu voi muuttua erilaiseksi vuodenaikojen mukaan. (Eurasto 2003, 28.)

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi melun leviämiseen vaikuttavat muun muassa lumi, kasvillisuus, suuret rakennukset ja metsät. Kasvillisuuden vaikutuksesta äänen etenemiseen on erilaisia tuloksia. Joissain tutkimuksissa kasvillisuudella on havaittu merkittävää vaikutusta, kun taas toisissa on todettu kasvillisuuden vaikuttavan hyvin vähäisesti äänitason alenemiseen. Kasvillisuuden vaikutusta tulisikin tutkia enemmän ja sitä pitäisi tarkastella yhtenä kokonaisuutena, johon kuuluvat pohjakasvillisuus, puusto ja maanpinnan vaikutus. Puiden ja pensaiden aiheuttama äänitason aleneminen on riippuvainen puuston ja lehvistön tiheydestä sekä maaston laadusta. (Eurasto 2003, 32 - 33.)

3.3 Melun kokeminen ja meluherkkyys

Keskimääräisen melutason lisäksi melun kokemiseen vaikuttavat muun muassa meluhuiput, melun toistuvuus, melun ajallinen jakautuma, hiljaisten jaksojen pituus sekä melun taajuusjakautuma. Toiset ihmiset ovat herkempiä reagoimaan äänen voimakkuuden, toiset taas korkeuden vaihteluihin. Melun häiritsevyyden kokemiseen vaikuttavat ääneen ominaisuuksien lisäksi altistujan fyysiset sekä psyykkiset ominaisuudet, kuten ikä, sukupuoli, terveydentila ja persoonallisuus sekä mahdollisuus vaikuttaa ääniympäristöön ja tyytyväisyys omaan asuntoon. Täten melun kokeminen on pitkälti subjektiivista. Sama ääni voidaan kokea miellyttävänä tai häiritsevänä tilanteesta riippuen. (Helsingin sanomat 2002; Karvinen & Savola, 2004, 21; Ampuja 2008, 16.)

Meluerkkyys on yksilöllinen ominaisuus. Se kuvaa herkkyyttä kokea melua ja tapaa reagoida siihen. Meluerkkyys lisää erityisesti henkilön kokemaa melun häiritsevyyttä. Meluerkät kokevatkin melun uhkaavampana ja reagoivat meluun voimakkaammin kuin ei-meluerkät. Meluerkkien on vaikeampi tottua meluun. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 12.)

Eri tutkimuksissa meluerkkien osuus väestöstä on vaihdellut keskimäärin 20 - 43 %. Meluerkkyys liittyy todennäköisesti taipumukseen reagoida meluun yleensä, eikä niinkään melun fysikaalisiin ominaisuuksiin. Meluerkkyys näyttäisi ilmentävän alttiutta yleensä ympäristötekijöille, ei vain melulle. Herkkyydellä erilaisille ympäristötekijöille kuten valolle, väreille, kivulle ja hajulle saattaa olla terveysvaikutuksia ja meluerkyyden on katsottu korreloivan näiden ympäristötekijöiden kanssa. On myös viitteitä siitä, että meluerkkyys on yhteydessä monikemikaaliherkkyteen. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 12 - 13.)

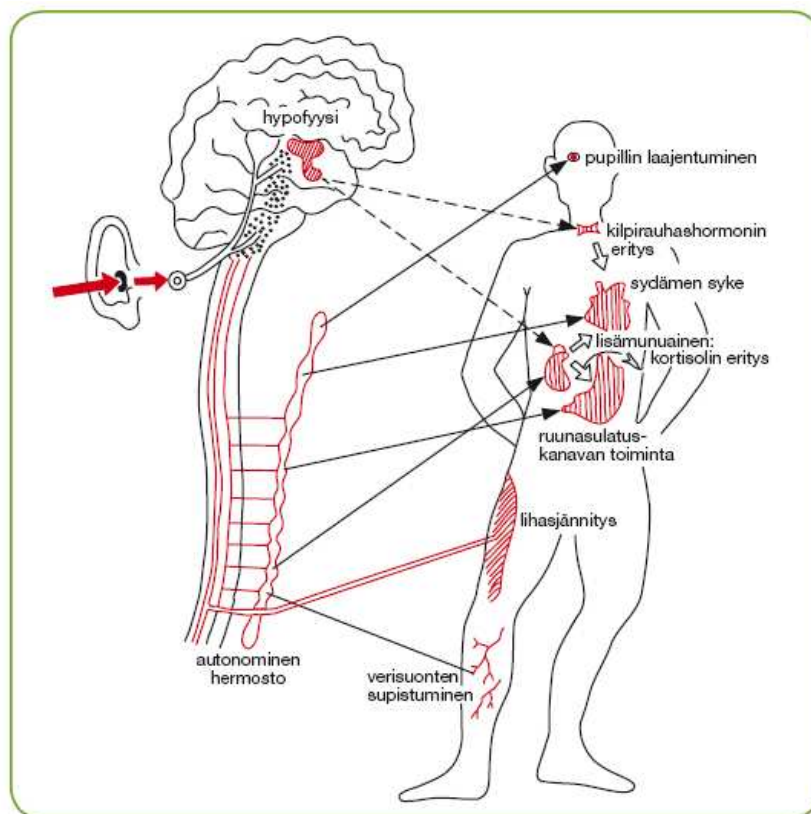
3.4 Meluun sopeutuminen

Äänimaisema ja kulttuuri muuttuvat jatkuvasti. Ihmisen fyysiset ja psyykkiset ominaisuudet eivät muutu samassa suhteessa ja tästä seuraa moninainen oireilu. Meluun voi jossain määrin tottua esimerkiksi vähentämällä huomiota ja kehittämällä selviytymisstrategioita (esimerkiksi tupakointi). Meluun pyritäänkin nykypäivänä suurelta osin sopeutumaan. (Ampuja 2007, 202 - 204.)

Kuten aiemmin on jo mainittu, ihmisen yksilöllinen herkkyys melulle vaikuttaa siihen sopeutumiseen. Sopeutuminen on henkilön käyttäytymisen kannalta mukautumista. Tottuminen puolestaan tarkoittaa sitä, että hermosto on niin tottunut meluärsykkeisiin, ettei se enää reagoi niihin. Vaikka meluun tottuisikin, siihen ei välttämättä sopeudu. Melunsietokyky on jokaisella erilainen, mutta myös rajallinen. Meluerkkyys tulisi ottaa huomioon keskushallinnon tasolla määriteltäessä melualtistuksen suositusarvoja, paikallisesti melunäkökohtien painottamisena kaavoituksessa sekä asumisterveydessä. (Starck & Teräsvirta 2009, 39, Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 37.)

3.5 Melun vaikutukset

Hyvinvointia näyttäisi edistävän mahdollisuus kontrolloida äänimaisemaa osana omaa ympäristöämme. Meluherkkyys kasvaa, mikäli ei ole mahdollisuuksia vaikuttaa meluun. Melun aiheuttamien terveysvaikutusten luotettavan arvioinnin ongelmana on käytettävissä olevien tietojen puuttellisuus. Kuitenkin on riittävästi tieteellistä näyttöä, että melu aiheuttaa unihäiriöitä, vaikeuttaa kuulemistä, vaikuttaa kognitiivisiin toimintoihin, kohottaa verenpainetta, myötävaikuttaa sepelvaltimotaudin kehittymiseen ja melu voidaan kokea hyvinkin häiritseväksi. Alla oleva kuvio osoittaa äänen vastaanottoa ja välittömien meluvaikutusten syntyä (KUVIO 3). (Ampuja 2007, 215, 220; Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 7, 14.)



KUVIO 3. Äänen vastaanotto ja meluvaikutuksien välittyminen muihin elinjärjestelmiin (Ising & Rebentisch 1993)

Melun vaikutukset uneen ovat sekä välillisiä että välittömiä. Melu voi vaikeuttaa nukahtamista, heikentää unen laatua ja lisätä kehon liikkeitä unen aikana. Pitkällä

aikavälillä vaikutusten oletetaan stressin kautta myötävaikuttavan kroonisten sairauksien syntyyn. Melu on ympäristön stressitekijä, joka käynnistää ihmisessä erilaisia fysiologisia muutoksia, kuten sykkeen kiihtymistä, ihon ja sisäelinten verisuonten supistumista, verenpaineen nousua sekä stressihormonien pitoisuuksien nousua veressä. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 15.)

Melun häiritsevyys on sidoksissa sydän- ja verisuonitauteihin. Ainakin miehillä melun häiritsevyyden on todettu liittyvän sydäninfarktien lisäksi verenpainetautiin. Meluherkät ovat riskiryhmässä, sillä on oletettu, että melun häiritsevyys voi meluherkillä kytkeytyä vakavampiin terveysvaikutuksiin. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 15.)

Lapset ovat myös melun kannalta erityisessä riskiryhmässä, sillä heidän kielellinen kehitys on kesken ja melulla on kognitiivisia vaikutuksia. Krooninen melualtistus vaikuttaa etenkin lukemiseen ja pitkäaikaiseen muistiin. Se vaikeuttaa myös keskittymistä, tarkkaavaisuutta ja oppimista. Melu saattaa vaikuttaa myös sikiöihin. On viitteitä siitä, että melualtistus voi aiheuttaa lapsen pienipainoisuutta tai ennenaikaisen syntymän. Raskaana olevan ei olisikaan suositeltavaa altistua kansallisen raja-arvon ylittävälle melulle, eli yli 85 dB. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 18; Jauhiainen, Vuorinen & Heinonen-Guzejev 2007, 8; Starck & Teräsvirta 2009, 66.)

Melun fysiikaaliset ominaisuudet (esimerkiksi äänenpainetaso, ajallinen vaihtelu ja tapahtumien määrä) vaikuttavat haittoihin. Edellä mainittujen haittojen lisäksi melun vaikutuksia ovat muun muassa tapaturmavaaran lisääntyminen, kommunikation vaikeutuminen, sosiaalisten suhteiden heikentyminen sekä työtehon laskeminen. Yllättävät ja impulssimaiset äänet ovat erityisen häiritseviä ja niihin ei totu. Etenkin keskittymistä vaativan työtehtävän alkuvaiheessa ääniympäristön muutokset herpaannuttavat huomion ja huonontavat suoritusta. Toisaalta, kun tehtävä on pidemmällä, lyhytaikainen melu voi vireystilaa kohottavan vaikutuksen vuoksi parantaa suoritusta. Määritelmänsä mukaan melulla ei kuitenkaan ole myönteisiä vaikutuksia ja mahdolliset vähäiset positiiviset vaikutukset kohdistuvat psyykkisiin toimintoihin. Melun terveysvaikutuksia on lueteltu seuraavassa taulu-

kossa (TAULUKKO 2). (Paikkala 1999, 10; Starck & Teräsvirta 2009, 54 - 63, 67.)

TAULUKKO 2: Melun terveysvaikutukset (Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 25)

Melutaso	Vaikutus
30 dB (taustamelu)	Vaikeuksia nukahtaa. Lasten suoritus- ja oppimiskyky voi heikentyä.
50 dB	Kognitiivisia ja tunnetilan vaikutuksia, hermostuneisuus
55 dB	Viestintä vaikeutuu ja ääntä on korotettava.
65-70 dB	Jatkuessaan nostaa verenpainetta ja pitkällä aikavälillä melulla voi olla karsinogeenisiä vaikutuksia.
80 dB	Avuttomuuden kasvu, stressaantuminen, jatkuvana voi aiheuttaa kuulon heikkenemistä ja tinnitusta.
130 dB	Melu aiheuttaa kipua korvissa ja voi johtaa korvan vahingoittumiseen.
Äkillinen tai yhtäkkinen voimakas melu	Endokrinologiset ja immunologiset vaikutukset (esim. kohonneet katekolamiini- ja kolesterolitasot, katekolamiinit vaikuttavat sydämen lyöntitiheyteen ja verenpaineen nousuun)
Jatkuvasta melusta aiheutuvan hermostuneisuuden seurauksena	Ruoansulatuselimistön oireilu

3.5.1 Yhteiskunnalliset vaikutukset

Melu aiheuttaa kansantaloudelle miljardien eurojen kustannuksia. Meluhaitoista yhteiskunnalle aiheutuvia taloudellisia menetyksiä ovat esimerkiksi maanarvon aleneminen, lisääntyvät lääke- ja hoitokulut sekä alentunut tuottavuus. Nämä me-

netykset ovat seurausta melun aiheuttamista psykologisista ja fysiologisista vaikutuksista. Lisäksi työmelu aiheuttaa merkittävästi sekä välillisiä että suoria kustannuksia. (Starck & Teräsvirta 2009, 53, 65.)

3.5.2 Tieliikennemelun ja pienhiukkasten yhteisvaikutukset

Tieliikennemelu on haitallinen myös siksi, että tieliikennemelulle altistuessa altistuu myös liikenneperäisille ilmansaasteille kuten pienhiukkasille. Ilmansaasteet ovat kaasumaisia sekä hiukkasamaisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat ihmisten terveyteen, luontoon ja materiaaleihin. Ne heikentävät ilmanlaatua sekä aiheuttavat happamoitumista ja rehevöitymistä. Yhdyskuntailman epäpuhtauksien sekä erityisesti hiukkasten arvioidaan aiheuttavan joka vuosi Suomessa keskimäärin 200 - 400 ennen aikaista kuolemaa, 30 000 astmaoireiden pahentumista sekä 30 000 - 40 000 lasten hengitystieinfektiota. (Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 19, 21; Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 18.)

Melun ja ilmansaasteiden yhteisvaikutuksista on vain vähän tietoa. Ilmansaasteet saattavat sekoittaa melututkimuksia, jolloin meluun liittyvät vaikutukset voivat johtua tosiassa ilmansaasteista ja päinvastoin. Näyttäisi kuitenkin siltä, että melulla ja pienhiukkasilla on samankaltaisia vaikutuksia sydän- ja verenkiertoelimistöön. Kaupunki-ilman suuret hiukkaspitoisuudet lisäävät sydän- ja verisuonitautien oireita, sairaalahoitojaksoja sekä kuolemia. Jo lyhytaikainen altistuminen on haitallista puhumattakaan pitkäaikaisesta altistumisesta. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2009, 18.)

4 MELUNTORJUNTA

Meluntorjunnan lähtökohta on se, että melu ei saa aiheuttaa ihmiselle terveydellistä haittaa. Käytännössä esiintyvät meluongelmat vaativat torjuntakeinoiksi yleensä useamman eri menetelmän. Meluntorjunnan menetelmät voidaan kuitenkin luetteloida yleisesti seuraavasti:

1. Melua on ensisijaisesti torjuttava sijoittamalla eri toiminnot järkevästi.
2. Melua torjutaan itse lähteessä melupäästöjä vähentäen tai melulähteen toimintaa rajoittaen.
3. Melun leviämistä rajoitetaan.
4. Melulle altistuva kohde suojataan.

(Tiihinen & Hänninen 1997, 63.)

4.1 Toimintojen sijoittelu

Ensisijainen ja ennaltaehkäisevä keino ympäristömelun torjumiseen on toimintojen sijoittelu niin, että melun aiheuttamat häiriöt minimoituvat. Alueiden käytön suunnittelulla onkin hyvin keskeinen merkitys ja se vaikuttaa niin melun lähteiden sijaintiin, etenemisreitteihin, lähteiden ja kohteiden välisiin etäisyyksiin kuin myös kohteiden keskinäiseen sijoitteluun. Alueiden käytön suunnittelulla voidaan ehkäistä uusien haitta-alueiden syntyä, mikä on erityisen tärkeää, sekä estää melulle alttiiden toimintojen sijoittumista ennestään meluisille alueille. Lisäksi voidaan ainakin osittain parantaa olemassa olevien ympäristöjen tilaa. (Tiihinen & Hänninen 1997, 63, 68 - 69; Lahti 2003, 91.)

Toimiva meluntorjunta kaavoituksessa edellyttää, että maankäytön ja liikenteen suunnittelu tekevät tiiviisti yhteistyötä. Alueiden käytön ja rakentamisen järjestyksen tulee noudattaa 5.2.1999/132 eduskunnan päätöksen mukaista maankäyttö- ja rakennuslakia. Laissa luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistetään ekologisesti, sosiaalisesti, taloudellisesti sekä kulttuurisesti kestävä kehitystä. Alueiden käytön suunnittelun tavoitteisiin sisältyy ympäristönsuojelu ja ympäristöhaittojen ehkäiseminen, eli muun muassa melun ennaltaehkäisy sekä torjunta. (Tiihinen & Hänninen 1997, 63, 68 - 69; Lahti 2003, 91; Finlex 2010a.)

Toimintojen sijoittelussa tulee huomioida myös yksittäiset hankkeet. Merkittäviä ympäristövaikutuksia aiheuttavissa hankkeissa, kuten moottoriteissä, raskaan liikenteen lentokentissä ja suurehkoissa satamahankkeissa, käytetään ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA-menettely). Tarkoituksena on selvittää riittäväällä tarkkuudella hankkeen ympäristövaikutukset. Menettelyssä huomioidaan ympäristö kokonaisuudessaan ja vaikutuksiin lukeutuu muun muassa melu. Onnistuneen YVA:n myötä saadaan luotettavaa tietoa päätöksenteon ja myös meluntorjunnan tueksi. (Valtion ympäristöhallinto 2010c; Rajakiiri 2010.)

4.2 Päästöjen vähentäminen

Melupäästöjen vähentäminen on tehokas meluntorjuntakeino. Toimintaa voidaan pyrkiä muuttamaan, voidaan käyttää rakenteellisia keinoja, kuten vaimennusta, tai rajoittaa melupäästöjä määräysten kautta. Melupäästöjen vähentämisen onnistuneisuus riippuu paljon kohteesta, ja haastetta tuovat jatkuvasti lisääntyvät liikennemäärät. Ympäristömelun kannalta erityisesti liikennettä tulisi säädellä, jäsennellä, sujuvoittaa ja rauhoittaa. Tieliikenteessä voidaan muuttaa ajonopeuksia, vähentää moottori- ja rengasmelua sekä esimerkiksi käyttää hiljaisia päällysteitä ja liikennevalojen toimintaa voidaan ohjata. Vähämeluiset renkaat voidaan optimoida käytännöllisiin nopeuksiin ja ajonopeuksia voidaan valvoa. Vauhtia voivat laskea valvonnan ja määräysten lisäksi liikenne-esteet ja oikeantyyppinen visuaalinen vaikutelma, joka antaa mielikuvan alhaisesta ajonopeudesta. Seuraava kuvio osoittaa, kuinka paljon ajonopeuden laskeminen alentaa melutasoa (KUVIO 4). Lisäksi voidaan antaa alueellisia sekä ajallisia rajoituksia (raskaan liikenteen kiellot). (Tiihinen & Hänninen 1997, 64 - 65; Lahti 2003, 70 - 79.)



KUVIO 4. Melutason aleneminen ajonopeuden laskiessa. (Tiehallinto 2010)

4.3 Melun etenemisen estäminen

Melun etenemistä voidaan rajoittaa luonnollisilla tai keinotekoisilla esteillä tai lisäämällä etäisyyttä melulähteeseen, kun melulähteeseen kohdistuvia torjuntatoimia ei ole mahdollista tehdä tai melutasoa ei saada riittävän alhaiseksi. Erityisesti tieliikennemelun torjunnassa käytetään meluvalleja, -aitoja ja -kaiteita, jotta voidaan katkaista melun vapaa eteneminen. Melusteisiin tulisi turvautua sillon, kun muut keinot ovat mahdottomia tai riittämättömiä. Melusteistä kerrotaan yksityiskohtaisemmin luvussa 5. (Tiihinen & Hänninen 1997, 65; Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27.)

Tie- ja katusuunnittelulla voidaan vaikuttaa tuntuvasti liikennemelun häiriöihin ja melualueen leveyteen erilaisin keinoin. Tiesuunnittelussa tulisi välttää suuria kiihdytyksiä ja jarrutuksia, joten tien sijainnilla, linjauksella sekä tasauksella on suuri merkitys liikennemelun syntyyn. Mikäli tie sijoitetaan maanpintaa alemmaksi, saadaan samanlainen vaikutus kuin melusteella. Ajorata tulisikin sijoittaa leikkaukseen aina kun se on mahdollista ja maaston muotoja tulisi käyttää hyväksi. Lisäksi tien linjaus tulisi ohjata kauas meluherkistä toiminnoista ja eritasoliittymissä päätie tulisi sijoittaa leikkaukseen ja risteävä tie ohjattua päätien yli. Tien sijoittaminen tunneliin torjuu hyvin melua tunneliosuuden kohdalta. (Tiihinen & Hänninen 1997, 65; Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 24.)

Meluesteen tapainen vaikutus voidaan saavuttaa käyttämällä rakennuksia esteinä. Yhtenäinen massa suojaa hyvin takana olevia taloja tai alueita. Melulähteen puo-

leinen alue kannattaakin rakentaa umpinaiseksi, jolloin pihan puolelle jää melulta suojattu alue. Suojattuja alueita syntyy ylipäättään muuallekin, jos suositaan väyli-en ympäristössä kovien materiaalien sijasta nurmetusta ja muuta kasvillisuutta. Huokoinen maa vaimentaa ääntä enemmän kuin heijastava ja kova pinta kuten betoni tai asfaltti. (Tiihinen & Hänninen 1997, 65; Liikennemelun huomioon ot-taminen kaavoituksessa 2001, 26; Lahti 2003, 103.)

4.4 Kohteen suojaaminen

Monissa tilanteissa melun lähteen vaimentaminen ja sen etenemisen estäminen eivät riitä tai joskus ainoa mahdollisuus alentaa melutasoa on melun kohteen suo-jaaminen. Melun kohteena olevien rakennusten suunnittelu ja parantaminen vä-hentävät melun vaikutuksia sisällä tai ulko-oleskelutiloissa ja se sopii ympäristö-melun eri lajeille. Käytännössä rakennusten ulko-osien ääneneristävyyttä paranne-taan tai etenkin uudisrakentamisessa suunnitellaan huonejärjestystä. Ulko-osien ääneneristettävyyttä parantaessa tulisi huomioida kaikki mahdolliset melun ete-nemisreitit. Ulkoseinät, ikkunat ja ulkoilmaventtiilit vaikuttavat eniten tie- ja raide-liikenteen meluun, mutta lentomelun torjunnassa tulisi huomioida lisäksi vesikatto ja sen liittyminen seiniin sekä katon ilmanvaihdon tulo- ja poistoilma-aukot. Huo-nejärjestelyjen vaikutus perustuu meluherkimpien tilojen suojaamiseen. (Tiihinen & Hänninen 1997, 66; Lahti 2003, 104.)

Rakennusten ulko-osien eristävyyden parantamisessa ikkunat tulevat yleensä ensin kysymykseen, sillä seinien sekä yläpohjan ääneneristävyys on normaalisti ikkunoi-ta huomattavasti parempi. Kerrostalojen meluntorjunnassa myös lasitetut parvek-keet voivat alentaa julkisivun ääneneristystä jonkin verran liikennemelua vastaan. Vaikutus riippuu lähinnä lasituksen tiiviyydestä. (Tiihinen & Hänninen 1997, 66 - 68; Lahti 2003, 104, 110)

Huonejärjestyksen suunnittelussa huomioidaan erityisesti makuu- ja olohuoneet, jotka ovat meluherkimmät tilat ja ne pyritään sijoittamaan melulta suojaisimpaan tilaan. Huonejärjestelyjen lisäksi uusien rakennusten suunnitteluvaiheessa voidaan

vaikuttaa meluntorjuntaan rakennusten muodolla ja suunnalla. Mahdollisimman laajat, suojan puolella olevat seinäosuudet torjuvat menestyksellisesti melua. (Tiihinen & Hänninen 1997, 66; Lahti 2003, 105.)

4.5 Muita keinoja

Meluntorjunnassa tärkeää on eri torjuntavaihtoehtojen keskinäinen painotus. Ympäristönsuojelulain (86/2000) mukaan ensisijaisesti meluntorjuntatoimet tulisi kohdistaa melulähteisiin, seuraavana melun leviämiseen ja kolmantena vaihtoehtona olisi kohteen suojaaminen. Erilaisten keinojen käyttäminen yhtä aikaa on järkevää ja niin yleensä saadaan riittävä, taloudellisin sekä käytännöllisin tulos. Aiemmin mainittujen keinojen lisäksi on myös muita vaihtoehtoja, jotka täydentävät tai tukevat meluntorjuntatoimenpiteitä. Näitä keinoja ovat lainsäädännön sekä taloudellisen ohjauksen kehittäminen, melua koskevan tiedon lisääminen sekä meluntorjunnan osaamisen parantaminen ja muu melupäästöjen vähentäminen. (Lahti 2003, 114 - 115; Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33.)

Liikennevälineiden, koneiden sekä laitteiden melupäästöjä säädellään kansainvälisesti ja myös niiden tuotekehitys on kansainvälistä. Näin ollen Suomen on tärkeää olla mukana tässä yhteistyössä. Ajallisista ja alueellisista liikennevälineiden rajoituksista on esimerkkinä lentokoneiden yöaikaisen liikenteen rajoittaminen. Lentomeluun voidaan vaikuttaa myös ilmailun toimintatapoja sekä lentomenetelmiä kehittämällä. Vähämeluisten liikennemuotojen suosiminen on tärkeää ja siihen vaikuttaa muun muassa uusi kalusto sekä uusien liikennemuotojen valinta. Nykyisellään joukkoliikenne ei ole kaikkein vähämeluisin vaihtoehto monista eduistaan huolimatta. Meluntorjunnan taloudellisessa ohjauksessa voidaan käyttää veroja sekä maksuja, jotka ohjaavat liikennevälineiden hankintaa sekä opastavat muuttamaan liikkumistapoja vähämeluisampiin vaihtoehtoihin. Kävely ja pyöräily ovat meluttomia, joten kevyen liikenteen edistäminen on keskeistä meluntorjunnan kannalta. (Lahti 2003, 114 - 115; Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33, 35.)

Jatkuvan liikenne- ja muun ympäristömelun lisäksi on vähennettävä moottorikäyttöisten ajoneuvojen ja laitteiden aiheuttamaa melua. Vähämeluisten koneiden ja laitteiden käyttöönottoa tulee edistää tiedotuksen ja kampanjoinnin avulla. Muita vähennettäviä melupäästöjä ovat lento-, teollisuus- ja sotilastoiminnasta aiheutuva melu. Hyvä suunnittelu, tekninen kehitys ja toimintatapojen parantaminen pätevät näihin kaikkiin eri lajeihin. Yhteiskunnan kehityskulku voi johtaa tulevaisuudessa enenevissä määrin siihen, että ihmisen liikkuminen korvautuu tiedon liikkumisella. Etätyö, etäkokoukset ja -konferenssit ovat esimerkkejä meluttomista, mutta lisäksi saasteettomimmista sekä energiaystävällisimmistä vaihtoehdoista. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33 - 34.)

Meluohjearvoilla on tärkeä asema meluhaittojen ehkäisyssä. Ohjearvojen monipuolinen tutkiminen on tarpeen ja niitä voidaan myös täydentää. Tutkimusta tulisi ylipäättään lisätä meluntorjunnassa ja tietotasoa sekä osaamista tulisi kehittää. Koulutukseen, yleiseen tiedottamiseen ja muuhun meluntorjunnan osaamiseen tulisikin panostaa. Lisää tietoa tarvitaan esimerkiksi eri laitteiden ja koneiden melupäästöistä ja tällä lisääntyneellä tiedolla voidaan edistää kuluttajien tietoisempia valintoja. Lisäksi on huomioitava, että melulta suojautuminen pitää sisällään myös hiljaisuuden asian eteenpäin viemisen, johon tarvitaan poikkitieteellisyttä, läpäisyperiaatetta, ennakkoluulottomuutta sekä yhteistyötä eri tahojen välillä. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 36; Karvinen & Savola 2004, 45.)

5 MELUESTEET

Jo Lahden kaupungin vuonna 1980 tehdyssä selvityksessä arvioitiin, että kaavoittaminen melualueille on Lahdessa verraten yleistä tulevaisuudessa. Selvityksessä korostettiin, että huomiota tulee kiinnittää muun muassa meluesteen tarvitseman tilan varaamiseen ja suojavaikutukseen rakennusten sijoittelussa sekä koossa. Siis meluesteet tulisi huomioida jo ennen niiden mahdollista rakentamista. Meluesteille onkin erilaisia vaatimuksia, eivätkä ne sovellu jokaiseen ympäristöön. (Selvitys meluesteiden tarpeellisuudesta ja kiireellisyysjärjestyksestä Lahdessa 1980, 15.)

5.1 Meluesteratkaisut

Melueste on melko tehokas keino vaimentaa melua. Meluaita, meluvalli ja melukaide ovat meluesteiden perusratkaisuja, joita voidaan käyttää yhdessä tai erikseen. Meluaitoja valmistetaan erilaisista materiaaleista, kuten puusta, betonista, lujitemuovista, metallikaseteista, polykarbonaattilevyistä, kevytsoraharkoista ja tiilestä. Ääntä imevät, huokoiset pintamateriaalit ovat yleensä heijastuksen takia parhaita. Meluaita tarvitsee vain vähän tilaa, mutta se on kustannuksiltaan kalliimpi kuin meluvalli. Meluvalli puolestaan soveltuu yleensä uuteen tieympäristöön tai muulle tilavalle alueelle. Erityisen ahtaisiin paikkoihin soveltuva melukaide tehoaa kohtuullisesti, mikäli suojattavat kohteet eivät ole juurikaan tietä korkeammalla. (Lahti 2003, 95; Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27.)

Perusratkaisujen lisäksi on olemassa uudempia estetyyppejä, kuten ylärakenteella varustetut esteet, kallistetut esteet ja kasvillisuusesteet. Tehokkuutta parantavat myös absorboiva este sekä vallin ja esteen yhdistelmä. Lisäksi hajottava tai profiloitu este, katettu tai kaksoiseste tehostavat vaimennusta. Tunneli on tehokkain, mutta samalla erittäin kallis melueste. Vastäänellä vaimentavat meluesteet ja muu korkea teknologia voivat etenkin tulevaisuudessa olla varteenotettavia keinoja. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27; Meluongelmat kasvattavat meluesteiden markkinoita 2002; Lahti 2003, 96 - 99.)

Tehokas meluste on vähintään niin korkea, että se peittää suoran näköyhteyden melulähteeseen. Mikäli maiseman näköyhteyttä ei haluta katkaista, voidaan torjua rengasmelua melukaiteilla tai käyttää läpinäkyviä melusteita. Kevyen liikenteen väylät sijoitetaan esteen suojaisalle puolelle. Melusteissa on huomioitava mahdolliset melun leviämistä aiheuttavat kulkuaukot. Niissä melusteet ovat osittain limittäin ja limityspituus on vähintään kaksikertainen aukon leveyteen nähden. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27; RIL 165-2 Liikenne ja väylät II 2006; 296.)

Hyvä meluste vaimentaa melua keskimäärin 15 dB. Käytännön toteutuksen kannalta akustiset ominaisuudet eivät yleensä aiheuta ongelmia. Sen sijaan perustuksen tulee olla tukeva ja siinä on huomioitava lumen auraus sekä mahdollinen ilki-valta. Melusteiden käyttöiäksi määrätään yleensä 15 tai 30 vuotta. (Puun käyttö melusteissa 1999, 9; Lahti 2003, 95 - 96.)

Melusteita käytettäessä tulee tarkastella myös ilman laatua. Kun rakennetaan lähelle suuria väyliä, ilmanlaadun ohjearvot voivat ylittyä. Ilmapyörteen mukana isot pölyhiukkaset voivat laskeutua esteen taakse, mutta kaasumaiset epäpuhtaudet kulkeutuvat suuremmalle alueelle. Meluvalli on ensisijaisesti ilmanlaadun kannalta suositeltavin meluesteratkaisu, mutta huomioitava on myös ekologinen meluste, joka saattaa suodattaa ilmansaasteita. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27.)

5.2 Sijainti

Meluste sijoitetaan yleensä tien poikkileikkauksessa paikkaan, missä tehokas korkeus saadaan helposti mahdollisimman suureksi. Toisaalta esteen sijoittaminen lähelle tietä tai suojattavaa lähdettä vaimentaa melua parhaiten. Estettä ei kuitenkaan saa sijoittaa liian lähelle tietä, sillä aivan tiessä kiinni oleva este antaa tiestä ahtaan vaikutelman ja siirtää ajolinjoja. Liittymässä ja sisäkaarteissa meluste peittää näkyvyyttä ja talvisin tie tarvitsee lisätilaa aurauksen takia. Yli 50 kilometriä tunnissa olevilla nopeusalueilla voidaan lisäksi tarvita kaide meluseinän eteen

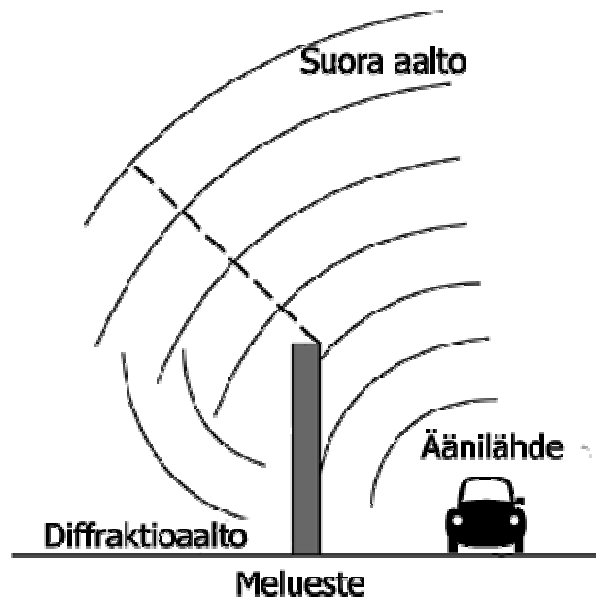
ja siinä tulee huomioida kaiteelle riittävä joustovara. Silloilla sen sijaan melueste on yleensä tien reunassa. (RIL 165-2 Liikenne ja väylät II 2006; 297.)

Meluesteen sijainnin vaikutus maisemaan on tärkeä. Melueste ei saa esimerkiksi varjostaa kohtuuttoman paljon puistoa tai pihaa. Asukkaiden mielipiteillä on osuutensa meluesteen sijaintiin, jos este tulee lähelle tonttia. Meluesteen tilantarpeessa on huomioitava esteen ulkonäköön tai ilkeivallan torjumiseen vaikuttavat pensaat, jotka tarvitsevat ainakin yhden metrin kokoisen tilan. Tilaa tarvitaan myös pintavesien poisjohtamiseksi sekä lumen aurausta varten. (Meluesteet 1997, 24 - 25; RIL 165-2 Liikenne ja väylät II 2006; 297.)

5.3 Melusteiden akustiset vaatimukset

Melusteille on erilaisia laatuvaatimuksia akustiikan ja rakennetekniikan suhteen. Akustisia laatuvaatimuksia ovat vaimennus, eristävyys, absorptio ja diffraktio. Meluesteen tulee vaimentaa melua suojattavassa kohteessa. Vaimennuksen teho riippuu meluesteen korkeudesta, pituudesta, sijainnista, tiiveydestä, absorboivuudesta, äänen eristävyydestä ja suojattavan kohteen sijainnista sekä korkeudesta. Esteen eristävyyden puolestaan tulee täyttää sille asetetut vaatimukset. Tavallisimmin eristävyyslukuvaatimukseksi valitaan uutena 25 dB ja vanhempana 20 tai 25 dB. Riittävä ääneneristys saadaan yleensä jo kohtuullisella massalla (noin 10kg/m^3). (Melustekäsikirja 1997, 60 - 63; Meluesteet 1997, 30; Lahti 2003, 95.)

Jotta melueste ei heijasta liikennemelua takaisin tielle, sen on hyvä olla ääntä imevä eli absorboiva. Ääntä imeviä rakenne on esimerkiksi puu-, metalli- tai muoviritilällä tai huokoisella betonilla. On kuitenkin huomioitava, että huokoisilla materiaaleilla on huono säänkestävyys, ellei niitä suojata. Meluesteen laelta ääni taittuu joka tapauksessa eri suuntiin. Diffraktio taittaa ääntä, jolloin meluesteen teho laskee (KUVIO 5). Taittumista voidaan vähentää käyttämällä absorboivasta rakenteesta tehtyä rakennetta meluesteen laella. (Melustekäsikirja 1997, 61 - 63.)



KUVIO 5. Diffraktioaalto vähentää meluesteen tehoa. (Lemmetty 2009).

5.4 Melusteiden rakennetekniset vaatimukset

Melusteiden rakenneteknisissä laatuvaatimuksissa on huomioitava tuulikuorma, aurauslumikuorma, iskunkestävyys, esteen oma sekä veden ja lumen paino, palonarkuus, materiaalit sekä niiden päästöt ja hävittäminen. Lisäksi tulee ottaa huomioon auton törmäys, osien putoaminen, häikäisy ja läpinäkyvyys. Määritelly kestoikä tulee täyttää ja kierrätyksen osalta on tiettyjä vaatimuksia. (Melustekäsikirja 1997, 64 - 67.)

Meluste ei saa murtua tai taipua liikaa tuulen voimasta. Tuulikuorma voidaan laskea SFS-ENV 1991-2-4 mukaan tai Suomen rakennusmääräyskokoelman osan B21983 mukaisesti. Aurauskuorma ei esiinny samanaikaisesti tuulen kanssa, mutta se voi olla suurempi kuin tuulikuorma. Aurauskuorma ei saa vaurioittaa rakenteita ja melusteet tulee mitoittaa tapauskohtaisesti, mikäli meluste on alle metrin etäisyydellä aurattavasta alueesta. (Melustekäsikirja 1997, 64.)

Iskunkestävyyden tulee sietää esimerkiksi aurauksessa lentävät jääpalat tai mahdollisesti pikkulasten heittämät kivet niin, ettei niistä aiheudu pientä lommoa tai halkeamaa vakavampaa vahinkoa. Meluste ei saa myöskään murtua tai taipua

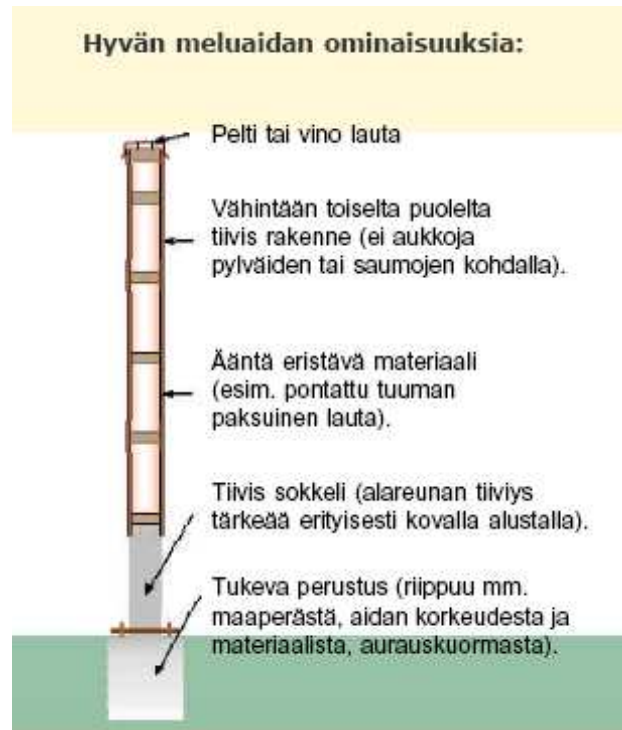
liikaa sen oman ja siihen kertyvän veden sekä lumen painon seurauksena. Tapauskohtaisesti esteen voidaan vaatia olevan palamaton tai paloa hidastava ja tarpeen vaatiessa esteen sisältämät materiaalit on kuvattava yleisin materiaalinimikkein. Myrkyllisistä palamiskaasuista sekä meluesteestä irtoavista haitallisista aineista on aina varoitettava. (Melustekäsikirja 1997, 65.)

Yleensä melusteiden ei vaadita kestävän ajoneuvojen törmäyksiä tai toimivan törmäyksessä turvallisesti autossa olijoiden kannalta. Kuitenkin joissain tapauksissa voidaan vaatia, ettei meluste päästä mitoitusajoneuvoksi valittua autoa lävitseen eikä ponnauta sitä riskaabelisti takaisin tielle tai pysäytä rajusti. Toisinaan voidaan puolestaan vaatia, että törmäyksen tulee olla autossa turvallinen, mutta auto saa mennä läpi meluesteen. On huomiotava, että törmäyksessä jäykkien pila-reiden varaan rakennetut melusteet ovat usein vaarallisia. Meluesteen suunnitteluvaiheessa voidaan estää osien vaarallinen irtoaminen auton törmäyksessä. Eritoten risteys silloilla ja liikenneväylien sekä oleskelupaikkojen vieressä tulisi taata, etteivät seinäelementit tai niiden isot palat putoa ihmisten päälle. (Melustekäsikirja 1997, 66; RIL 165-2-2006 Liikenne ja väylät II 2006, 298.)

Melusteissa tulee välttää ajovaloja tai auringonvaloa voimakkaasti heijastavia pintoja turvallisuussyistä. Materiaalivalinnoissa ei tulisi käyttää helposti rikkoutuvia tai kolhiintuvia vaihtoehtoja. Hyvin arkoja materiaaleja ovat sileät metalliset ohutlevyt, hennot ritilät ja etenkin lasi. (Melustekäsikirja 1997, 66; RIL 165-2-2006 Liikenne ja väylät II 2006, 298.)

Yleisesti meluesteen tukirakenteiden on kestävä ilmasto vähintään 30 vuotta. Kuitenkin erityisesti absorboivien materiaalien on hankala saavuttaa tämä käyttöikä, mutta niiden suunnittelussa voidaan määrätä materiaalien vaihtaminen, puhdistus tai tarkistus tietyin väliajoin. Akustisilla elementeillä kestoikä on yleisesti 15 vuotta. Käytetystä meluesteestä on pyydettyä annettava selvitys sen hävittämismahdollisuuksista tai materiaalikierrätyksestä. Osa markkinoilla olevista melusteista on jossain määrin ekologisista ja käytettäessä kierrätysmateriaaleja on ilmoitettava kierrätysosuus. Esimerkki hyvän meluidan akustisista ja rakenne-

teknisistä ominaisuuksista on seuraavassa kuviossa (KUVIO 6). (Meluestekäsikirja 1997, 67 - 68.)



KUVIO 6. Hyvän meluaidan ominaisuuksia akustisten ja rakenneteknisten ominaisuuksien kannalta (Tiehallinto 2010)

5.5 Meluestearkkitehtuurin periaatteet

Meluesteet ovat näkyvä osa vilkasliikenteistä väyläympäristöä, jossa paikan arvolla miljöönä on suuri merkitys. Paikan tyyli antaa lähtökohdat sen arkkitehtoniselle ilmeelle, muun muassa meluesteille. Ympäristön luokitteluun on kehitetty neljä arvoluokkaa tielaitoksen siltakeskuksen siltapaikkaluokituksen mukaisesti. Tavoitteena on antaa suuntaa rakenteiden arkkitehtuurin tasolle sekä resurssipanostukselle. Kun paikan arvoluokitus näkyy jokaisessa väyläympäristön elementissä, on miljöö yhtenäinen ja ehyt. Luokitus on seuraavanlainen:

- Erittäin vaativa ympäristö
- Vaativa ympäristö

- Huomattava ympäristö

- Tavallinen ympäristö

(Melustekäsikirja 1997, 109.)

Erittäin vaativassa ympäristössä suunnittelijalla on suuri työpanos ja esteettiset tavoitteet ovat korkeat. Arvoluokassa mentäessä alaspäin esteettiset tavoitteet laskevat. Alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 3) näkyy jokaisen arvoluokan ominaisuudet suunnittelijan työpanoksen ja kustannusten suhteen. Kustannukset tarkoittavat rakenteisiin varattavia resursseja: prosenttiyksikkö kuvastaa osuutta rakentamiskustannuksista. Kustannuslisä ja suunnittelijan työpanos on kuitenkin aina käsiteltävä tapauskohtaisesti. Arkkitehtuuriin panostaminen on tarpeen etenkin ahtaissa kaupunkitiloissa sekä meluesteen rajoituksessa tontteihin. (Melustekäsikirja 1997, 109 - 111.)

TAULUKKO 3. Suunnittelijan työpanos ja kustannuslisä arvoluokittain melueste-
tearkkitehtuurissa. (Melustekäsikirja 1997, 111)

<i>Arvoluokka</i>	<i>Työpanos</i>	<i>Kustannuslisä</i>
Erittäin vaativa ympäristö	suuri	30 %
Vaativa ympäristö	suotavaa	15 %
Huomattava ympäristö	tapauskohtaista	5 %
Tavallinen ympäristö	ei edellytetä	-

5.6 Melueste-arkkitehtuurin kriteerit

Meluesteet ovat massiivisia, rajaavia elementtejä. Ihminen kokee voimakkaasti rajatut tilat, ja tilan luomaan käsitykseen vaikuttaa erityisesti mittakaava. Mittakaavan lisäksi esteettiset keinot hallitsevat tilakäsitystä, jota voidaan muokata mieleiseksi esimerkiksi osien keskinäisellä jaottelulla ja suhteella, materiaaleilla sekä väreillä. Melusteilla tulisi pyrkiä hallittuun kokonaisuuteen, mikä on mittakaavaltaan luonteva. Haasteellisuutta oikean mittakaavan ja esteettisten keinojen

löytämiseen tuo tieympäristön havainnointi liikkeessä. Liike voi olla vauhdikasta tai hidasta, riippuen matkustustavasta. (Melustekäsikirja 1997, 111 - 112.)

Harmonian saavuttaminen vilkasliikenteisellä väylällä voi olla erityisen hankalaa. Väylällä on paljon erilaista varustelua, kuten opasteet, liikennemerkkit ja mainokset. Varusteiden synnyttämä kokonaisuus on helposti hälyisä, ja sitä voi olla vaikea jäsentää. Melusteen tulisikin eheyttää tätä väyläympäristöä. Lisävaatimuksia melusteiden ulkonäköön tuovat myös yhdyskuntarakenne ja toiminnot. Eri rakennuskulttuurit, rakennushistorialliset arvot, kaupunkikuvan yhtenäisyys ja erilaisten toimintojen sijoittuminen vaativat analyysiä. Melusteen ulkoasussa on huomioitava myös sen visuaalinen tarkastelu sekä tiealueelta että lähiympäristöstä. Meluste voi olla irrallaan ympäristöstään, mikäli väylän ja lähialueen välissä on suojavyöhyke. Joka tapauksessa esteen tulee tukea väylämiljöön yhtenäistä jatkuvuutta. (Melustekäsikirja 1997, 112 - 113.)

Suomessa varotaan rakentamasta täysin samanlaista melustettua useampaan paikkaan. Ympäristöön soveltuvan esteettisen ilmeen löytäminen melusteelle onkin aina tapauskohtaisen luomisprosessin tulosta. Yleisesti voidaan kuitenkin katsoa, että rakentamaton maisema on visuaalisesti hyvin hallitseva ja siinä tulisi käyttää taustaan sopivia luonnollisen oloisia materiaaleja, kuten puuta. Rakennetussa ympäristössä puolestaan melusteen tyyli ja materiaali riippuu alueen kaupunkikuvasta ja sille toivotusta roolista. Rakennetun ympäristön tiiviys tai ahtaus, väljyys, rakeisuus ja mittakaava vaikuttavat melusteen tyyliin. Meluste voi joko myötäillä tätä rakennetta, olla huomaamaton tai antaa kontrastia. (Melustekäsikirja 1997, 114 - 115; RIL 165-2-2006 Liikenne ja väylät II 2006, 299.)

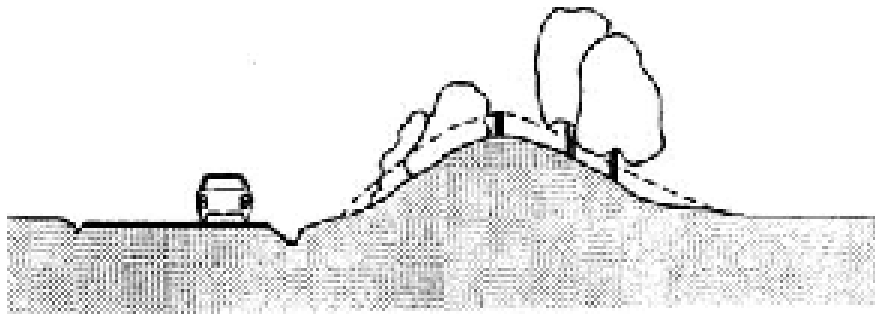
Melusteen massiivisuutta voidaan rikkoa monin eri tavoin. Suuren mittakaavan vaikutelmaa vähentää leveä väylätila ja istutukset välikaistoilla. Korkean seinäpinnan jakaminen, terassointi ja istutusten sijoittelu korotettuun tilaan meluidan eteen rikkovat monotonista rakennetta. Eri materiaalit, värit, läpinäkyvät ja kolmiulotteiset osat myös keventävät esteen ulkonäköä. Etenkin materiaalivalinnoissa tulee kuitenkin huomioida altistuminen ilkivallalle. Epätasaiset, huokoiset sekä kestävät pinnat ja läpinäkyvien pintojen välttäminen vaikeuttavat ilkivaltaa. Muita

keinoja ovat hyvä valaistus, verkon tai ritilän käyttö esteen edessä, pintojen käsittely puhdistettavilla kemikaaleilla ja esteen lähelle pääsyn vaikeuttaminen maastonmuodoilla ja istutuksilla. Istutusten on hyvä olla tiheästi ja niissä voidaan käyttää piikikkaita lajeja. (Melustekäsikirja 1997, 115; Melusteet 1997, 17.)

Melusteiden viimeistely, yksityiskohdat ja työn laatu ovat tärkeitä asioita kokonaisuuden onnistumisessa. Melusteen täytyy olla kokonainen, viimeistely rakennne. Se koostuu eri osista, kuten sokkelista, pilareista ja päätteistä. Eritoten pilari ja siihen kiinnittyvä seinäelementti on esteettisesti ongelmallisia, joten rakennneosien kiinnittäminen tukirakenteisiin tulee suunnitella yksityiskohtaisesti. Varsinkin läpinäkyvien osien tukiprofiilit sekä kiinnitysvarusteet ovat esteettisesti jälkeenneitä. (Melustekäsikirja 1997, 117.)

5.7 Melusteiden sovittaminen ympäristöön

Melusteiden sovittaminen ympäristöön vaatii usein maaston muotoilua ja istutuksia. Vilkasliikenteinen väylä, jossa melusteet ovat lähellä tietä, antaa epäedulliset kasvuolosuhteet liikenteen haittojen ja talvikunnossapidon vuoksi. Tällaisella alueella tulisi käyttää harkitusti kestäviä istutuksia. Mahdollisuuksien mukaan meluaita tulisi aina sijoittaa matalan vallin päälle (KUVIO 7). Valli ja aita ovat yhdessä tehokkaampi kokonaisuus kuin pelkkä yhtä korkea meluvalli tai pelkkä yhtä korkea ohut meluaita. Vallin ja aidan yhdistelmällä on myös muita positiivisia ominaisuuksia, kuten tilantarpeen, massiivisuuden ja ilkvallan väheneminen. Meluaita välttyy myös auraus- ja lumikuormilta. (Melustekäsikirja 1997, 120; Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27; Lahti 2003, 98.)



KUVIO 7. Meluvallin päälle on hyvä rakentaa aita (Meluesteet 1997, 14)

Paikan henki, vihermaisema tai rakennettu ympäristö antaa lähtökohdat muotoilulle ja istutuksille. Istutuksia tulisi käyttää etenkin meluidan päissä, takapuolella ja takana korkeampana, meluidan yläpuolelle nousevana vihermassana. Kasvillisuus pehmentää meluesteen antamaa vaikutelmaa ja sillä on merkittävä psykologinen vaikutus. Melusteiden istutusten tulee olla vähän hoitoa vaativia ja niille tulee varata riittävästi tilaa. Istutusten tulee kestää kuivuutta, suoloja, tuulta ja päästöjä. Kasvien on hyvä olla syväjuurisia sekä niiden tulee juurtua ja levitä nopeasti. Kunnossapidossa kannattaa muistaa, että nurmikon leikkuu voi olla ongelmallista etenkin jyrkissä luiskissa. (Tielaitos, kehittämiskeskus 1995; Meluestekäsikirja 1997, 120 - 121.)

Melusteiden sovittaminen ympäristöön voi olla hankalaa, mutta ne voidaan nähdä myös osana maisemaa tai kaupunkikuvaa tai ne voivat toimia alueen tunnusmerkkinä tai taideteoksena. Parhaimmillan meluidat rikastuttavat maisemaa. Tielikelaitos on pyrkinyt Suomessa 2000-luvulla yhdistämään muotoilua ja ympäristötaidetta sekä tavoitellut korkeatasoisia meluesteratkaisuja. Lahdessa meluesteen suunnittelussa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi Lahden Muotoiluinstituutin osaamista. (Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 27.)

5.8 Melueste ympäristön ihmisten ja tiellä liikkuvien kannalta

Asukkaat ja tien käyttäjät kokevat meluesteen eri tavoin. Meluesteen etuina asukkaat pitävät usein melun vähenemistä, lasten karkailun estymistä tielle ja kurarois-keiden vähentymistä. Toisaalta este katkoo suoran kulkemisen tielle ja toimii näköesteenä. Lisäksi se voi esimerkiksi varjostaa pihaa, estää ilta-auringon paisteen ja olla ulkonäöllisesti ikävä. Ulkonäköä koskevia ristiriitoja voidaan välttää kuuntelemalla asukkaita suunnitteluvaiheessa. (Meluesteet 1997, 11.)

Meluesteet voivat vähentää kauppojen myyntiä, jos este vie kaupan näkyvyyden kokonaan. Tiellä liikkuvien kannalta on muutenkin harmillista, jos ympäristö ei ole nähtävissä. Meluesteen muoto sekä materiaali voivat joskus ainakin antaa suuntaa alueen ympäristöstä. Tiellä liikkuvalla tulisikin vähintään antaa mielikuva esteen takana olevasta ympäristöstä, esimerkiksi onko ympäristö taajama vai virkistysalue. (Meluesteet 1997, 11.)

Tielaitos on selvittänyt tien käyttäjien käsityksiä tierakenteista ja taiteesta, mukaan lukien meluesteet. Tutkimuksessa on haastateltu 31 tiellä eri tavoin liikkuvaa; empiirisenä kohteena on toiminut Helsingin kaupunkirakenteesta erkaneva Länsiväylä. Käsiteltäessä meluesteitä tutkimukseen vastanneet ovat pitäneet meluesteitä ylipäänsä teiden varsilla tärkeinä. Esteiden nähdään parantavan asukkaiden ja kevyen liikenteen mukavuutta. (Päivänen, Honkanen, Päivänen & Lehtonen 1997, 50.)

Meluestetyypeistä toivotuimpana on tutkimuksessa pidetty ehdottomasti maavallia (meluvallia). Toisaalta vastaajat ovat korostaneet vallin vievän tilaa ja sen soveltuvan vain avaroihin paikkoihin. Läpinäkyvä muovivaihtoehto puolestaan on herättänyt eniten vastareaktioita, sillä sitä pidettiin erityisen alttiina lialle ja graffiteille, jotka näkyisivät aidan molemmilta puolilta. Läpinäkyvä aita ei myöskään estä visuaalis- ta vilinää. (Päivänen ym. 1997, 50.)

Metalliaidat koettiin tutkimuksessa epäonnistuneiksi ratkaisuuksi. Länsiväylällä olevia metalliaitoja pidettiin yksitoikkoisina, ikävinä ja harmaina. Tilalle toivottiin puusta tehtyjä tai maalattuja, värikkäämpiä esteitä. Tutkimuksen tuloksia on koot-

tu seuraavaan taulukkoon (TAULUKKO 4). (Päivänen ym. 1997, 50.)

TAULUKKO 4. Suhtautuminen melusteiden materiaaleihin (Päivänen ym. 1997, 50)

<i>materiaali</i>	<i>positiivisia kommentteja</i>	<i>negatiivisia kommentteja</i>
maavalli (ja istutuksia)	17	-
puurakenteinen	14	1
metalli	3	4
betoni	2	3
läpinäkyvä, muovi	4	8

6 EKOLOGISUUS LIIKENNEMELUNTORJUNNASSA

Maankäyttö- ja rakennuslaki tukee ekologista meluntorjuntaa, sillä rakentamisen ohjauksessa pyritään muun muassa elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin, taloudellisiin sekä sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin ratkaisuihin. (Finlex 2010a). Tässä opinnäytetyössä keskitytään ekologisessa meluntorjunnassa meluesteisiin, joissa tulee huomioida rakennusmateriaalien kannalta monta näkökulmaa. Luonnon monimuotoisuus, jätteiden minimointi, kierrätys, elinkaariajattelu sekä ekotehokas tuotanto ovat tärkeitä ekologisia arvoja. Lisäksi tulee tarkastella erityisesti uusiutuvien energiamuotojen käyttöä, energiansäästöä sekä kestävien ja terveellisten materiaalien käyttämistä, jotka ovat kaikki sidoksissa ekotehokkuuteen. Ekologinen melueste ei saa myöskään asennettaessa heikentää merkittävästi alueen biodiversiteettiä eikä aiheuttaa käytössä ympäristölle vaaraa. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien ekologisuus 1999, 1, 8; Valtion ympäristöhallinto 2010.)

6.1 Luonnon monimuotoisuus

Luonnon monimuotoisuus tarkoittaa kasvien, eläinten sekä mikro-organismien ja niiden elinympäristöjen monipuolisuutta sekä vaihtelua. Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti koostuu lajien sisäisestä geneettisestä muuntelusta, lajien runsaudesta sekä ekosysteemien monimuotoisuudesta. Biodiversiteetin ekologinen merkitys on ylläpitää osaltaan ekosysteemejä sekä auttaa niitä selviytymään olosuhteiden muutoksista. (Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 32; Ympäristöministeriö 2010).

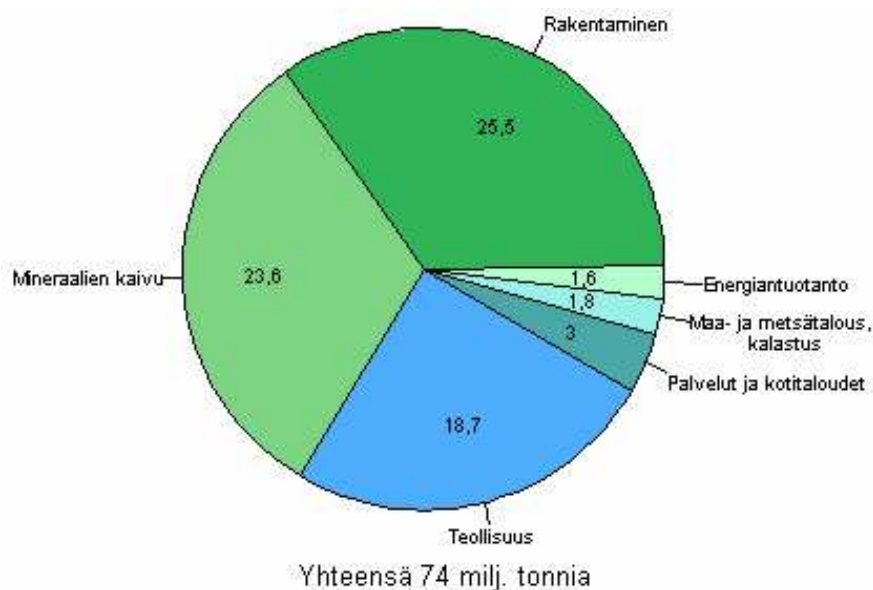
Luonnon monimuotoisuutta voi heikentää merkittävästi paikallisten lajien elinympäristöjen väheneminen sekä lajiston yksipuolistuminen. Biodiversiteettiä tukee viheralueiden ekologinen verkosto ja se muodostaa oleellisen eläinten leviämistien. Ekologinen verkosto on erityisen tärkeä rakennettujen ympäristöjen lähellä ja sisällä. Verkoston katkonaisuus vaikeuttaa kasvien, eläinten ja eliöiden liikkumista, joka voi johtua esimerkiksi teiden, riista-aitojen ja meluesteiden vaikutuksesta. Estevaikutusta voidaan lieventää viherkansilla tai eläinten tierummuilla ja melues-

teisiin voidaan jättää leviämisreittejä käyttäen esteitä osittain limittäin. (Ojala 2000, 11, 74; Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 32.)

Biodiversiteetin näkökulmasta ekologinen meluste voi olla parempi tavanomaiseen ratkaisuun verrattuna, jos ekologinen este tarjoaa korvaavan elinympäristön kasvi- tai hyönteislajeille tai jos se ei estä kokonaan eläinten tai kasvien leviämistä. Ekologisissa melusteissa voi olla myös mahdollista kasvattaa harvinaisia lajeja, kuten jäkäliä tai sammalia. Tällöin esteelle tulee valita soveltuva materiaali. Jäkälät ovat kauniin värisiä sekä helppohoitoisia ja niille käy kasvualustaksi esimerkiksi kalkkipitoinen materiaali. Harvinaisten lajien tuottaminen vähentää niiden uhanalaisuutta ja tukee näin biodiversiteettiä. (Koskinen 2009, A06.)

6.2 Jätteiden minimointi ja rakennusmateriaalien kierrätys

Kestävässä yhdyskunnassa aineet pyritään hyödyntämään mahdollisimman taloudellisesti. Ne kierrätetään tai palautetaan luontoon niin, että luonto voi hajottaa ne ja muokata uudelleen käyttökelpoiseen muotoon. Aineiden kierrossa siis pyritään mahdollisimman luonnonmukaiseen järjestelmään, jossa käyttökelvottoman jätteen syntyä pyritään estämään. Jätteen määrään voidaan vaikuttaa kuluttamalla vähemmän ja valitsemalla tuotteita, joita voidaan kierrättää tai käyttää uudelleen. Kierrättäminen säästää myös luonnonvaroja ja energiaa sekä vähentää ympäristöhaittoja. Seuraava kuvio osoittaa jätteiden määrää Suomessa sektoreittain vuonna 2007 (KUVIO 8). Määrät ovat 1000 000 tonnia. (Ojala 2000, 11; Tilastokeskus 2009.)



KUVIO 8. Jättemäärät vuonna 2007, miljoonaa tonnia. (Tilastokeskus: Jätteitä 74 miljoonaa tonnia vuonna 2007)

Kuviosta 8 huomataan, että jättemäärät aiheutuvat pääasiassa rakentamisesta, mineraalien kaivusta ja teollisuudesta. Kotitalouksien osuus on hyvin pieni, mutta suurin osa kotitalouksien sekä palvelujen jätteestä viedään kaatopaikalle. Vuonna 2007 jätteestä hyödynnettiin 40 % joko materiaalina tai energiana. Materiaalin hyödyntäminen on koostunut pääasiassa mineraalisista maamassoista, metalli- ja puujätteestä. Tarkempi erittely jätteiden käsittelystä löytyy liitteestä (LIITE 1). (Tilastokeskus 2009.)

Jätteen kierrätyksessä jäte hyödynnetään aineena. Kierrätys ei koske jätteen hyödyntämistä energiana tai jätteen muokkaamista polttoaineeksi tai maantäytön aineeksi. Jätteen polttamisessa tai maaduttamisessa materiaali palautuu luonnonkiertoon, mutta jätteen käyttö on kannattavampaa materiaalikierrätyksessä tai uudelleenkäytössä. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 3; Valtion ympäristöhallinto 2010d.)

Materiaalikierrätyksessä jätettä käytetään raaka-aineena. Materiaalikierrätyksessä raaka-aineiden muokattavuus on tärkeää, minkä vuoksi massamuotoon palautettavat materiaalit ovat sopivimpia. Esimerkkinä kyseisestä kierrätystavasta on uusiomuovi. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 3.)

Uudelleenkäytössä materiaalia käytetään uudestaan alkuperäiseen tapaan. Uudelleenkäyttö lykkää jätteen joutumista. Lisäksi korvaavan tuotteen valmistamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset lykkääntyvät. Uudelleenkäyttöön soveltuvat rakennusmateriaaleista hyvin esimerkiksi hirsi- ja teräsrakenteet. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 3.)

Melusteissa uudelleenkäyttöä voidaan hyödyntää parhaiten rakentamalla maa- ja vesirakennuksen maamassoista eli ylijäämämaista meluvalleja. Maamassoista valtaosa on puhdasta maa-ainesta. Materiaalikierrätys puolestaan on hyvin monipuolista koskien melusteita. Puun, metallin, muovin ja betonin lisäksi monet muut jäteraaka-aineet voivat olla käyttökelpoisia materiaaleja. Suurin osa rakennusjätteestä on puu-, betoni-, kivi- ja tiiliainesta. Loput ovat pääasiassa puujätettä, muovi-, paperi-, pahvi-, metalli- ja lasijätettä. (Hakanen 1993, 64; Ojala 2000, 149, 158.)

Rakennusmateriaalien kierrätyksessä on tärkeää ottaa huomioon, että materiaalissa tai rakennusosassa tulisi olla mahdollisimman vähän eri aineita. Materiaalikierrätys ja uudelleenkäyttö vaikeutuvat, mitä useampia aineita on yhdistetty yhteen materiaaliin tai rakennusosaan. Rakennusjätteiden lajittelu jo työmaalla on välttämätön edellytys kierrätykselle. Valtioneuvoston päätös vuonna 2007 koskien rakennusmateriaalien lajittelua onkin antanut pohjan rakennusmateriaalien kierrätykselle. Lisäksi vuonna 1998 voimaan tullut jätevero on edistänyt rakennusmateriaalien kierrätystä. (Hakanen 1993, 64; RYM-tiedote 1999.)

6.3 Paikallisuus

Paikallisuus tukee kierrätystä. Kierrätys helpottuu, kun kierrot ovat mahdollisimman lyhyitä ja kun kierrossa olevan aineen määrä on mahdollisimman pieni. Tämä tarkoittaa muun muassa paikallisuuden hyödyntämistä. Paikallisuus voi koskea esimerkiksi materiaaleja (raaka-aineet, valmistajat) sekä rakentamista (paikalliset rakentajat sekä rakennusliikkeet). Välillinen energiankulutus on olennainen osa paikallisuudessa. (Hakanen 1993, 75.)

Paikallisuuden hyödyntäminen onnistuu parhaiten rakennusaineissa, joissa on käytetty puuta, kiviä tai maa-aineita. Nämä ovat myös vanhoja rakennusmateriaaleja. Puun kohdalla sahatavara on paikallisesti helpoiten saatavissa. Savi ja moreeni ovat paikallisuuden lisäksi edullisia sekä terveellisiä vaihtoehtoja. Meluestetuo-
tannossa paikallisuuden suosiminen lisää myös alueen pienyritystoimintaa ja työllisyyttä, jotka tukevat kuntien elinkeinostrategioita. (Hakanen 1993, 76; Nerg 2010.)

6.4 Ekotehokkuus

Kestävää kehitystä tukeva ekotehokkuus merkitsee sitä, että tuotetaan enemmän samalla kun päästöjä ja saasteita syntyy vähemmän. Ympäristöä pyritään säästämään käyttämällä mahdollisimman vähän raaka-aineita, materiaaleja ja energiaa. Lisäksi yritetään vähentää koko elinkaaren ajalta tuotteen haitallisia ympäristövaikutuksia. (Valtion ympäristöhallinto 2010a.)

Materiaalipanoksen minimoiminen tarkoittaa tuottavaa luonnonvarojen käyttöä. Samalla yleensä syntyy taloudellista hyötyä ja kilpailukyky kasvaa. Ekotehokkuutta voidaan nostaa muun muassa käyttämällä raaka-aineita sekä energia- ja kuljetusmuotoja, joiden energian ja materiaalin kulutus on koko elinkaaren ajalta alhainen. Kuljetusten ja pakkausten minimointi, raaka-aineiden ja energian tehostaminen tuotantoprosessissa sekä tuotteen palvelevuuden kehittäminen tukevat myös ekotehokkuutta. Tuotteella on hyvä olla uudelleenkäyttöjärjestelmä. (Valtion ympäristöhallinto 2010a.)

Pitkänäköisyys ja ekotehokkuus ovat läsnä myös ekologisemmassa meluestetuo-
tannossa. Yleensä melusteiltä vaaditaan pitkää käyttöikää ja niiden tuotanto on monesti jo tehostunut esimerkiksi keveiden rakenteiden ja vähemmän energiankäytön osalta. Tuotannon tehostuminen vähentää myös valmistus- ja asentamiskustannuksia.

6.5 Rakennusmateriaalien ekologisuus

Rakennusmateriaalien ekologisuus perustuu elinkaariajatteluun, johon kuuluvat tuotantovaihe (valmistus, kuljetus, rakentaminen), käyttövaihe (käyttö, korjaus, kunnossapito) ja purkuvaihe. Tuotantovaiheessa tulee huomioida primäärienergian tarve sekä haitallisten aineiden syntyminen valmistuksessa. Valmistuksessa syntyy jätettä sekä vesipäästöjä, joiden lisäksi raaka-aineen otolla on usein ympäristövaikutuksia maisemaan, pohjavesiin ja pienilmastoon. Tuotantovaiheessa materiaalin uusiutuvuus luonnonvarana ja paikallinen saatavuus arvioidaan. Paikallisuus tukee kuljetusten minimointia ja se esiintyy materiaaleissa myös siten, että eri materiaaleilla on erilaiset mahdollisuudet paikallarakentamiseen ja -tuottamiseen. (Hakaniemi 1993, 60 - 61; Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 24.)

Käyttövaiheeseen kuuluvat materiaalien terveellisyys ja turvallisuus. Liukenevia aineita ja muita haitallisia päästöjä tulee syntyä mahdollisimman vähän. Käytön, korjauksen sekä kunnossapidon energiankulutuksen tulisi olla myös minimissään. Purkuvaiheessa puolestaan materiaalien kierrätysmahdollisuudet ovat tärkeitä. Jäljelle jäävien raskasmetallien ja myrkkyjen määrät sekä niiden talteenotto ovat merkityksellisiä. (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 24 - 25.)

Rakennusmateriaalien ekologisuus tulisi huomioida valitessa ekologista materiaalia melusteeseen. Vaikka melusteiden käyttövaihe on erilainen kuin rakennuksilla, haitallisia päästöjä tulisi silti syntyä mahdollisimman vähän. Otollisinta on, että melusteiden rakennusmateriaalit ovat pitkäikäisiä sekä uusiutuvia ja mielellään kierrätettyjä. Rakennusmateriaalien tuottamisen tulee kuluttaa vähän energiaa ja synnyttää vain vähän haitallisia päästöjä. Rajallisia luonnonvaroja pyritään välttämään, mutta toisaalta kierrätysmateriaalien käyttöä (uusiutumattomistakin materiaaleista) tulisi ehdottomasti suosia. (Ojala 2000, 11.)

Seuraavassa taulukossa esitetään joidenkin materiaalien ekologisuuteen vaikuttavia tekijöitä (TAULUKKO 5). Positiiviset(+) ja negatiiviset(-) ominaisuudet on

eritelty sarakkeittain. Taulukko kuvastaa yleistilannetta, ja se perustuu teoksiin Kestävän yhdyskunnan käsikirja sekä Ekologisuus rakentamisessa. Lisäksi taulukossa on hyödynnetty Betoniteollisuus ry:n elektronista aineistoa Betoni ja kestävä kehitys. Taulukon esimerkkimateriaalit ovat sekä uusiutuvia että uusiutumattomia luonnonvaroja, joita voidaan käyttää kierrätettyinä rakennusaineina. Näitä rakennusaineita löytyy puupohjaisista, kiviperäisistä ja metallipohjaisista tuotteista sekä muoveista.

TAULUKKO 5. Joidenkin materiaalien ekologisuuteen vaikuttavia ominaisuuksia

Puu	
+ uusiutuva	- vaurioitumisherkkyys
+ paikallinen	- pinnoituksen & kyllästämisen liuotepäästöt
+ hyvä saatavuus	- metsäluonnon yksipuolistuminen
+ vähäinen energiankulutus	
+ helppo työstettävyys	
+ korjauskelpoisuus	
+ melko pitkä ikä	
+ terveellisyys	
+ hyvät uudelleenkäyttö- ja kierrätysmahdollisuudet	
+ jätteenä yleensä ongelmaton, voi polttaa	
+ kotimaisena ei lietso kasvihuoneilmiötä	
Betoni	
+ pitkäikäinen	- raaka-aineet uusiutumattomia
+ kestävä	- tuotannon ja kuljetusten energiankulutus
+ turvallinen	- korjaus hankalaa
	- soran oton vaikutus maisemaan ja pohjavesiin
+ muokattavuus	
+ raaka-aineet pääasiallisesti paikallisia	
+ lujuus	
+ vähän huoltoa vaativa	
Metalli	
+ kestävä	- uusiutumaton
+ muokattavuus	- valmistus kuluttaa runsaasti energiaa
+ kierrätettävyys	- haitalliset päästöt valmistuksessa
	- kaivostoiminnan vaikutukset maisemaan ja maaperään
Muovi	
+ kestävä	- uusiutumaton (maaöljystä)
	- valmistus syntyy vaarallisia aineita ja se kuluttaa paljon energiaa
+ lujuus	- luonnossa hitaasti hajoava
	- vaikea korjata, vaikeasti hyödynnettävissä
Tiili	
+ paikallinen	- päämateriaali savi uusiutumaton
+ kestävä	- saven oton vaikutus maisemaan
+ helposti korjattava	- tiilen poltto vaatii paljon energiaa

6.5.1 Puupohjaiset tuotteet

Taulukko 5 antaa useita positiivisia ominaisuuksia puulle. Puu on uusiutuva, paikallinen ja yleensä pitkäikäinen materiaali. Sitä on hyvin saatavissa, ja sen työstäminen ja korjaaminen on helppoa, mutta toisaalta se on myös vaurioitumis- ja syttymisherkkä. Puutuotteiden valmistuksessa käytetään usein pinnoitteita ja puunsuoja-aineita, joista aiheutuu ympäristö- ja terveyshaittoja. Tehokas metsätalous voi myös aiheuttaa metsäluonnon yksipuolistumista, mutta kotimaisen puun käyttö ei lietso kasvihuoneilmiötä, sillä kasvava puu sitoo hiilidioksidia. Suomessa käytetään puulajeista eniten kuusta ja mäntyä. (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 28 ja Ekologinen rakentaminen, Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 3 - 4; Siikanen 2009, 15.)

Puulla on hyvät uudelleenkäyttö- ja kierrätysmahdollisuudet, mutta esimerkiksi rakennusjäte puun joukossa tai kyllästysaineet ja muu käsittely tekevät puun polttamisesta ongelmallisen. Lämpökäsitelty puu on kuitenkin parempi vaihtoehto kuin painekäsitelty, sillä lämpökäsittelyssä ei käytetä kemiallisia aineita. Lämpökäsittely vaikuttaa myönteisesti myös puun kosteuselämiseen sekä lahonkestävyyteen. Käsittelyssä puun väri tummenee ja paino kevenee. (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen rakentaminen, Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 3 - 4 ja Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 28.)

Puupohjaisten tuotteiden kierrätyksessä tulee ehkäistä puun lahoamisvaara. Käytöstä poistettu puutavara voidaan käyttää esimerkiksi rakennuksiin tai betonivalun muotiksi energiakierrätyksen lisäksi. Poikkeuksena on kyllästetty puu, joka on ongelmajätettä, jos sitä ei voida hyödyntää sellaisenaan. Puukuitulevyt ja useat vanerit voidaan kompostoida. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 4 - 5.)

6.5.2 Kiviperäiset tuotteet

Kiviperäisiin tuotteisiin kuuluvat muun muassa taulukon 5 betoni sekä tiili. Kiviperäisillä tuotteilla on yleensä pitkä kestoikä, mutta osa kiviperäisistä tuotteista kuluttaa valmistuksessa paljon energiaa ja aiheuttaa haitallisia päästöjä. Lisäksi näiden rakennusaineiden valmistus kuluttaa luonnonvaroja ja aiheuttaa maisemavaiikutuksia (avolouhokset ja savenotto). (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 27; Siikanen 2009, 90.)

Kiviperäisten jätteiden lajittelu, murskeiden talteenotto tai uudelleenkäyttö on mahdollista. Ylijäämämaat, jotka ovat myös kiviperäisiä tuotteita, aiheuttavat suurimman yksittäisen osan koko rakennusjätteestä. Betoni on ollut aiemmin ylijäämämaiden ja puun jälkeen suurin jäteryhmä, mutta nykyisin se hyödynnetään tehokkaasti. Etelä-Suomen merkittävä betonijätteen hyödyntäjä on Rudus Oy, joka käyttää jätteen 100-prosenttisesti. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 5-6; Honkanen 2010; Rudus 2010.)

Betonia kierrätetään yleensä murskeena, jolloin siitä poistetaan kevyemmät materiaalit (kuten puu ja paperi), magneettiset metallit sekä kipsi ja lika. Betonimursketta käytetään esimerkiksi täytöissä ja tienrakennuksessa. Myös kevytbetonijätettä ja tiiliä hyödynnetään pääasiassa murskeena. Savitiiliä ja kalkkihiekkakiviä voidaan käyttää uudelleen sellaisenaankin, mutta tällöin ne täytyy saada purettua ehjänä. Kipsin kierrätys ei ole kannattavaa taloudellisesti, sillä markkinoilla on muutoinkin halpaa luonnonkipsiä. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 5 - 6.)

6.5.3 Metallipohjaiset rakennustuotteet

Taulukkoon 5 kuuluvaa metallia käytetään metallipohjaisena rakennustuotteena. Metallilla on yleensä pitkä kestoikä ja se on hyvin muokattavissa, mutta metallin valmistuksessa kuluu runsaasti energiaa ja kuumennusprosesseissa syntyy kaasu-

maisia päästöjä. Myös metallin perustuotannosta sekä valimoteollisuudesta aiheutuu raskasmetallipäästöjä. Muita metallista aiheutuvia ympäristövaikutuksia ovat kaivostoiminnan maisemavaikutukset, jätealueiden metallipitoisuudet sekä metallien pinnoituksesta aiheutuvat haihtuvien orgaanisten aineiden päästöt, joilla on lieviä terveysvaikutuksia. (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 27 - 28.)

Metalli on yksi parhaiten hyödynnettyjä rakennusmateriaaleja. Metallia on suhteellisen helppo kierrättää, ja esimerkiksi teräsrakenteet voidaan käyttää uudelleen sellaisenaankin. Metallin raaka-aineita on niukasti, ja ne ovat uusiutumattomia, jolloin metallin hinta on noussut jatkuvasti luonnonvarojen ehtyessä ja täten kierrätys on välttämätöntä. Valmistettaessa kierrätysmetallista uusia tuotteita energiamäärä on selvästi pienempi kuin käytettäessä luonnonraaka-ainetta. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 5 - 6.)

6.5.4 Muovit

Muovi on kestävä ja lujuudeltaan hyvä materiaali, mutta materiaalin jalostuksessa ja tuotteiden valmistuksessa kuluu paljon energiaa ja syntyy haitallisia päästöjä (VOC-päästöt). Muita ongelmallisia ominaisuuksia ovat muovin myrkylliset palamistuotteet sekä lyhyehkö käyttöikä. Muovi on myös yleensä vaikeasti hyödynnettävissä. Sekalaisen muovin hyödyntäminen ja muokkaaminen palkeiksi tai elementeiksi on vaativaa. Materiaalikierrätys uudelleen tuotteeksi voi olla mahdollista lähinnä kohtuullisen puhtaalle homogeeniselle muoville. Muoviteollisuus onnistuu kierrättämään prosessijätteensä kuitenkin lähes täysin. Sekajätteestä puristetaan muun muassa meluaitoja. (Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 28; Siikanen 2009, 276.)

Muovien kierrätystä vaikeuttaa laji- ja värirunsaus. Lajitellusta muovijätteestä voidaan tehdä muovijalostamoilla uusien tuotteiden raaka-ainetta, kuten muovigranulaattia. Kestomuoveja voidaan muovata uudelleen lämmön sekä paineen avulla – muita käyttötapoja muovijätteelle ovat muun muassa muuttaminen jäte-

murskeeksi tai jätteen kierrättäminen kemikaaleina, jolloin muoviseos muunnetaan alkuperäisiksi kemikaaleiksi tai lähtöaineiksi. Muovijättemursketta voidaan hyödyntää esimerkiksi asfaltin raaka-aineena. (Ekologisuus rakentamisessa: Rakennusmateriaalien kierrätys 1999, 7.)

6.6 Rakennusmateriaalien energiasisältö

Rakennustuotteiden valmistuksessa käytetyn energian tuotannosta aiheutuneet päästöt ovat yleensä suurin rakennusmateriaaleihin liittyvä ympäristövaikutus. Yleensä metalli- ja öljypohjaisiin rakennusmateriaaleihin on sitoutunut eniten energiaa, ja tätä havainnollistaa alla oleva taulukko (TAULUKKO 6). Periaatteessa mitä alkuperäisemmästä luonnonmateriaalista on kyse, sitä vähemmän energiaa kuluu valmistuksessa ja sitä ekologisemmasta aineesta on kyse. (Hakanen 1993, 60 - 61; Ekologisuus rakentamisessa: Ekologinen lähiöuudistus ja ekologisuuden arviointijärjestelmät 1999, 25.)

TAULUKKO 6. Eräiden rakennusaineiden keskimääräinen energiasisältö (Hakanen 1993, 60)

betoni	0,2 - 0,3 kWh/kg
sementti	1,4 kWh/kg
betoniteräs romusta	3,0 kWh/kg
tiili	8,8 kWh/kg
PVC-muovi	18,0 kWh/kg

6.7 Luonnonmukaiset rakennusaineet

Luonnonmukaiset rakennusaineet koostuvat suoraan luonnosta saatavista raaka-aineista, ja niiden elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ovat pieniä. Luonnonmukaiset rakennusaineet eivät ole teollisuuden sivutuotteita tai kierrätysmateriaaleja, vaan niiden raaka-aineet ovat uusiutuvia ja niitä on yleisesti saatavilla. Niiden kestävydestä on suurilta osin pitkä käyttökokemus, mutta käyttöönotto nyky-

rakentamiseen soveltuviksi vaatii materiaalien kehittämistä ja kustannusten tasoit-
tamista kohtuullisiksi. Luonnonmukaisten rakennusaineiden koostumuksesta on
koottu taulukko liitteessä (LIITE 1). (Westermack, Heuru & Lundsten 1998, 3, 6 -
7.)

Luonnonmukaisia rakennusmateriaaleja ovat esimerkiksi humus, turve, olki, savi,
korsi, lehtikarike, tuohi, pellava ja luonnon kiviaines edellä mainitun puun lisäksi.
Luonnonmukaisista materiaaleista voidaan valmistaa esimerkiksi rakennuskiviä,
levyjä, eristeitä, täytteitä ja tiilejä. Myös perinnemaalit luokitellaan luonnonmu-
kaisiin rakennusmateriaaleihin ja niitä on mahdollista käyttää melusteiden maa-
lauksessa. Melusteisiin luonnonmukaiset materiaalit soveltuvat ainakin osittain,
mutta esteiden ekologisuus voi vähentyä merkittävästi tukirakenteiden ympäristö-
vaikutuksista. (Westermack ym. 1998, 4 - 5, 55.)

Esimerkki: Meluaita olkipaaleista

Järvenpäässä on suurista olkipaaleista tehty meluaita. Meluaita rakennettiin syk-
syllä 1997 Pohjoisväylän varrelle Järvenpään kaupungin ja Tielaitoksen koepro-
jektina. Aita on 40 metriä pitkä, 2,5 metriä korkea ja paksuudeltaan 700 millimet-
riä. Olkipaalit ovat kooltaan 2400 x 1200 x 700 millimetriä. Paalit on pinottu be-
tonitolppien väliin, jäykistetty teräsvantein sekä pinnoitettu 50 millimetriä paksul-
la ruiskubetonilla, joka on teräsverkon päällä. Rakennetta suojaa peltikatto. (Wes-
termack ym. 1998, 25.)

Meluaita olkipaaleista -esimerkki osoittaa, että vaikka meluste on periaatteessa
luonnonmukainen ja ekologinen vaihtoehto perinteiselle ratkaisulle, toteutus on
kuitenkin vaatinut ehtyvien luonnonvarojen käyttöä betonissa ja teräksessä. Kysees-
sä tuskin ovat kierrätetyt materiaalit. Eli vaikka päämateriaali olisi ekologinen, ei
este välttämättä kokonaisuudessaan ole tavanomaista melustettua juurikaan ympä-
ristöystävällisempi. Ekologisessa melusteessa tulee huomioida ympäristöystä-
vällisyys kokonaisuudessaan.

6.8 Ekologinen meluntorjunta ulkomaalaisissa esimerkeissä

Tässä opinnäytetyössä on tutustuttu ulkomaalaisiin ekologisiin meluestevalmistajiin elektronisen aineiston avulla. Esimerkit ovat Yhdysvalloista, Kanadasta ja Iso-Britanniasta. Ympäristöystävällisyys on valituilla meluestevalmistajilla huomioitu usein hiilijalanjäljen ja kierrätyksen kautta. Kuljetuskustannukset pyritään pitämään vähäisinä, mikä tukee paikallisuutta ja vähentää pitkistä kuljetuksista aiheutuvia päästöjä. Esteissä käytetään kierrätettyjä osia (esimerkiksi terästä), mutta useimmiten osat ovat kierrätettäviä. Nopeakasvuista sekä kestäväää pajua käytetään useassa ratkaisussa, ja elävänä paju myös sitoo ilmansaasteita. Yhdessä esimerkissä ylijäämämaita on hyödynnetty ääntäeristävänä rakenteena. Osa tarkastelluista esteistä tarjoaa varsinaisen ekologisuutensa lisäksi kasveille ja pienille eläimille elintilaa. Ulkomaiset melueste-esimerkit on koottu liitteeseen (LIITE 3). (Sound Fighter Systems L.L.C 2008; The Living Wall 2010; Centria 2009; ETS 2010.)

7 EKOLOGISEN MELUESTEEN SUUNNITTELU

Tienkäyttäjän kannalta melusteessa on syytä välttää monotonisuutta ja toisaalta visuaalista dominointia (Päivänen, Honkanen, Päivänen, Lehtonen 1997, 35). Melusteiden olisi hyvä olla aina tapauskohtainen ja näin ollen tässä opinnäytetyössä esitetyt ekologiset suunnitelmat voidaan muokata kohteen ja tarpeiden mukaan. Ekologisen melusteiden suunnittelussa tulee huomioida ekologian lisäksi taloudellisuus ja esteettisyys.

7.1 Tausta

Nykyisellään kierrätysmateriaaleista ainakin ylijäämämaita ja auton renkaita käytetään suomalaisissa melusteissa. Ylijäämämaista rakennetaan meluvalleja, ja myös auton renkaista tehtyä rouhetta sekä kokonaisrenkaita hyödynnetään meluvalleissa (Virtanen 2010). Yli 90 % kierrätysrenkaista hyötykäytetään (Liikenne-sektorin ympäristökäsikirja 2004, 31). Lisäksi muovin sekajätteestä puristetaan meluaitoja, kuten luvussa 6.5.4 mainittiin. Ainakin keräysmuovista valmistetut Muovix-yrityksen profiilit soveltuvat hyvin meluaitojen rakennus- ja verhouksimateriaaliksi. Profiililla on hyvä ääneneristävyyssyky ja kestävyys. (Muovix Oy 2010.)

Muiden kierrätys- ja jättemateriaalien hyödyntäminen edes osittain yhtä tehokkaasti olisi järkevää ja kestävä kehityksen mukaista. Tämän opinnäytetyön suunnitelmaehdotuksissa onkin käytetty erilaisia materiaaleja, kuten jätemuovia, kuonaa sekä kompostituotetta. Myös luonnonmukaisia rakennusaineita on hyödynnetty.

Kierrätysmateriaalien hyödyntämisestä melusteissa on tehty aiemmin kaksi opinnäytetyötä:

Pieksämäen kaupungin tie- ja raideliikennemelukartoitus ja meluntorjunta jättemateriaaleista valmistetuilla melusteilla – Senja Jeminen, 1998

Melulta suojautuminen ekologisin keinoin – Riikka Ukkonen, 2006

Näissä opinnäytetoissa on tutkittu eri vaihtoehtoja käyttäen jättemateriaaleja ja luonnonmukaisia rakennusmateriaaleja melusteissa. Toissa on ehdotettu materiaaleiksi muun muassa kierrätyspuuta (esimerkiksi ratapölkkyt), kierrätettyä betonielementtiä, lastauslavaa, kipsiä, muoviraetta, pajua ja olkea. Tämän opinnäytetyön suunnitelmissa ratapölkkyjä ei ole edes harkittu käytettävän, sillä ratapölkkyt on käsitelty kreosoottiöljyllä, joka on tehokas mutta myrkyllinen puunsuojakemikaali. Kreosoottia liukenee ja haihtuu ympäristöön ja sen ainesosat voivat haitata maaperän ja veden eliöitä sekä pilata pohjavettä. Joidenkin jättemateriaalien käyttöön voikin sisältyä riskejä, jotka pahimmillaan kumoavat esteen ekologisuuden ja tuhoavat ympäristöään. (Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 27.)

Tämän työn suunnitelmaehdotuksissa pyritään välttämään ympäristöhaittoja melusteen valmistuksessa ja käytössä. Oikein sijoitettuna ja käytettynä valitut materiaalit eivät aiheuta ympäristöriskejä. Meluvallin sekä meluidan ja -vallin yhdistelmässä tulee muistaa, että vallin kunnossapidossa mahdollisesti käytettävät torjunta-aineet voivat olla ympäristölle haitallisia. Rikkaruohojen ja vesakon torjunnassa käytetään ainakin ratojen varsilla sekä lentokentillä huomattavia määriä kemiallisia torjunta-aineita. (Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 27.)

7.2 Suunnittelun perusteet

Melusteiden suunnittelussa tulee aina huomioida tietyt vaatimukset esteestä ja kohteesta riippumatta. Informaatio melusteista ja meluntorjunnasta antaa pohjan suunnittelulle. Melusteiden oikeaoppinen sijoittaminen ja korkeus ovat keskeisiä tekijöitä, sillä niillä voidaan vähentää ahtaudentunnetta sekä saada esteistä turvallisempia törmäystilanteissa. Sijoituksessa tulee huomioida myös hulevedet sekä pensaiden ja lumitilan tarve. Tarkemmat tiedot melusteiden sijoituksesta on luvussa 5.2.

Suunnittelussa melusteen tehokas korkeus tulisi saada mahdollisimman suureksi. Muuta huomionarvoista on melusteiden aloitus ja aukot. Suunnittelun kannalta aloituskohdat ja aukot ovat haasteellisia ja ne tulee limittää sujuvasti ympäristöön.

Myös ilkeältä ja siltä suojautumiseen on tärkeää puuttua jo suunnitteluvaiheessa. Tämän opinnäytetyön suunnitelmaehdotukset eivät ole sidottuna tiettyyn paikkaan, joten meluesteen tarkempaan sijoitukseen, aloituskohtiin ja aukkoihin ei ole otettu kantaa. Ilkivallalta suojautuminen on huomioitu materiaalivalinnoilla. Mikäli tämän työn suunnitelmia jatkokehitettäisiin johonkin tiettyyn kohteeseen, tulisivat kaikki edellä mainitut seikat ottaa huomioon.

7.3 Testaus

Meluesteiden testaaminen käytännössä on tärkeää. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n (PHJ:n) toimitusjohtaja Tuula Honkasen mukaan Lahden Kujalassa, PHJ:n toimipisteessä olisi mahdollista toteuttaa eri prototyyppejä ekologisesta meluesteestä. PHJ:n toimipisteestä löytyy tarvittavat materiaalit (esimerkiksi kuona, paju ja kompostituote) tietynlaisten ekologisten esteiden rakentamiseen. Tässä työssä suunnitellut esteet sopisivat suurimmalta osalta kokeiluun. Meluesteiden rakentamiseen tulisi löytää sopivat tekijät. Esimerkiksi työllisyyskurssi voisi toteuttaa rakentamisen osana kurssikokonaisuutta tai työvoimana voisi olla Lahden ammattikorkeakoulun miljöösuunnittelun sekä ympäristötekniikan opiskelijat. Ekologisten meluesteiden rakentaminen voisi toimia Lahden ammattikorkeakoulussa vapaasti valittavana opintojaksona ”Ekologinen rakentaminen”. Rakentamista johtamaan tarvittaisiin asiantunteva henkilö tai työnjohtoryhmä, joka tuntee ja ymmärtää hyvin suunnitelmat mutta myös käytännön rakentamisen. Esimerkiksi kirvesmies ja PHJ:n työntekijöitä voisi toimia työnjohdossa. Ehdottaa voisi myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden toimipistettä osallistumaan hankkeeseen. (Honkanen 2010.)

Meluesteet voisivat olla Kujalan jätekeskuksessa noin vuoden koekäytössä, jonka jälkeen niiden laadullisia ominaisuuksia voitaisiin arvioida. Jätekeskuksessa esteistä on hyötyä maisemallisesti sekä ne toimivat tuuliesteenä. Meluisaa alueella on lähinnä junaradan varressa, johon on perustettu meluvalli, mutta prototyyppejä voisi mahdollisesti sijoittaa vallin jatkeeksi. Pääasiassa Kujalan jätekeskuksen

tavoitteena olisi kuitenkin testata, kestävätkö ekologiset meluesteet eri vuoden aikojen olosuhteet, eli kyseessä on lähinnä rakennetutkimus. (Honkanen 2010.)

7.4 Suunnitelmaehdotukset

Tässä työssä esitetyt suunnitelmat ovat karkeita ja pääasiallisesti ideatasolla, joten ehdotelmien tarkentaminen ja kehittäminen on suotavaa. Rakennekuviin ei pääsääntöisesti ole merkattu esimerkiksi tukirakenteita. Ehdotelmien ideoita on ammennettu muun muassa ulkomaisista esimerkeistä, joista on kerrottu liitteessä (LIITE 3). Käytetyt materiaalivalinnat ovat paikallisia.

7.4.1 Ekologinen meluvalli

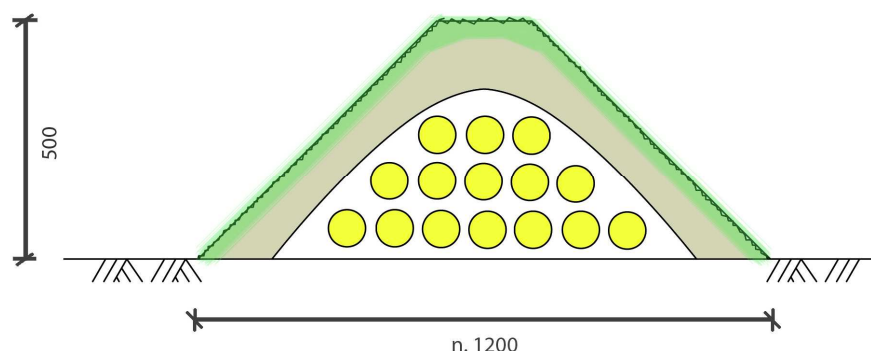
Ekologisessa meluvallissa voidaan hyödyntää täyte- ja eristeaineena useita erilaisia kestävän kehityksen mukaisia materiaaleja. Vallin viherryttämiseen ovat kasvualusta ja juuritila tarpeen, joten niiden tilantarve tulee huomioida. Valli on helppo ja edullinen rakentaa, mutta materiaalien kuljetus aiheuttaa kustannuksia. Tärkeää onkin suosia paikallisia materiaaleja, kuten Lahdessa esimerkiksi muovijätettä tai kompostituotetta.

Lahden kierrätyskeskus Patinaan (Jalkarannantie 20) tulee jatkuvasti muovijätettä ja vaahtomuovia, joista tehdään paaleja (KUVIO 9). Koneellisesti valmistettavilla paaleilla on aina sama leveys, mutta niiden paksuutta voidaan muuttaa, mikä mahdollistaisi paalien käytön meluesteen täyteaineena. Paalauksen jälkeen muovijäte toimitetaan Kymijärven voimalaitokseen poltettavaksi. Hyödyntäminen meluvallissa pidentää muovijätteen elinkaarta ja hyödyntämisen jälkeenkin materiaali voidaan käyttää energiajätteenä. (Liedes 2010.)



KUVIO 9. Patinan muovijätapaali ja taustalla vaahtomuovipaaleja.

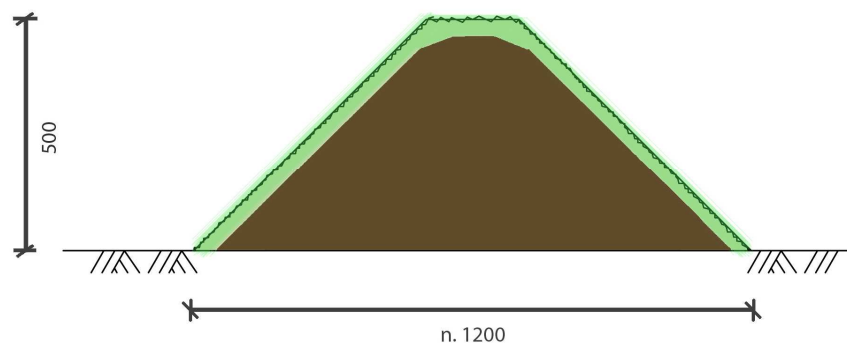
Muovijätteen käyttöä meluvallissa ilmentää seuraava kuvio (KUVIO 10). Muovijätapaalit on merkitty kuvaan keltaisin symbolein. Paalien yläpuolella on juuritilaa ja esimerkiksi ylijäämämaiden mukana tulevaa hyvin humuspitoista materiaalia, joka toimii kasvualustana. Ehdotettu meluvalli on kuviossa melko jyrkkä, mutta sen kaltevuutta voidaan muuttaa. Vallin viherryttämiseen on mahdollista käyttää helppohoitoisia maanpeitekasveja, luonnonkasveja, pensaita tai pikkupuita. Nurmikko vaatii säännöllistä leikkaamista, joka voi etenkin jyrkissä luiskissa olla hyvin hankalaa.



KUVIO 10. Muovijätteestä tehty meluvalli (mitat ovat senttimetreissä).

Kompostituotetta voidaan hyödyntää muovijätteen tavoin, mutta se toimii ilman muita materiaaleja myös kasvualustana. Kompostituote on hyvää materiaalia esimerkiksi viherrakentamiseen eli se soveltuu meluesteisiin. Lisäksi tuote estää sadevesieroosiota meluvallina käytettynä. Kompostituotteen käytössä on kuitenkin huomioitava, että se on hyvin ravinteikasta ja tuotteen käyttö sellaisenaan saattaa vaatia ympäristölupaa. Kompostituotetta on mahdollisuus jalostaa mullaksi tai maanparannusaineeksi, jolloin sitä ei enää luokitella jätteeksi. Tällöin ympäristölupaa ei tarvita, kunhan tuote täyttää lannoittelain vaatimukset. Tuotteen käyttö jalostettuna lienee kuitenkin kannattavampaa multana tai maanparannusaineena kuin meluesteen täyte- ja eristeaineena. (Vapo 2010; Honkanen 2010.)

Paikallisesti Lahden alueella käsittelemättömän kompostituotteen hyödyntäminen on tarkoituksenmukaista, sillä tuotetta on massoittain Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:ssä Kujalassa. Etenkin tämän esteen testaus Kujalassa on helppoa, sillä tarvittavat materiaalit löytyvät PHJ:ltä. Kujalan pienimuotoiseen koerakentamiseen ei tarvita ympäristölupaa. Seuraava kuvio ilmentää kompostituotteesta tehtyä meluvallia (KUVIO 11). Viherryttämiseen voidaan käyttää samaa kasvillisuutta kuin aiemmassa esimerkissä. (Honkanen 2010.)

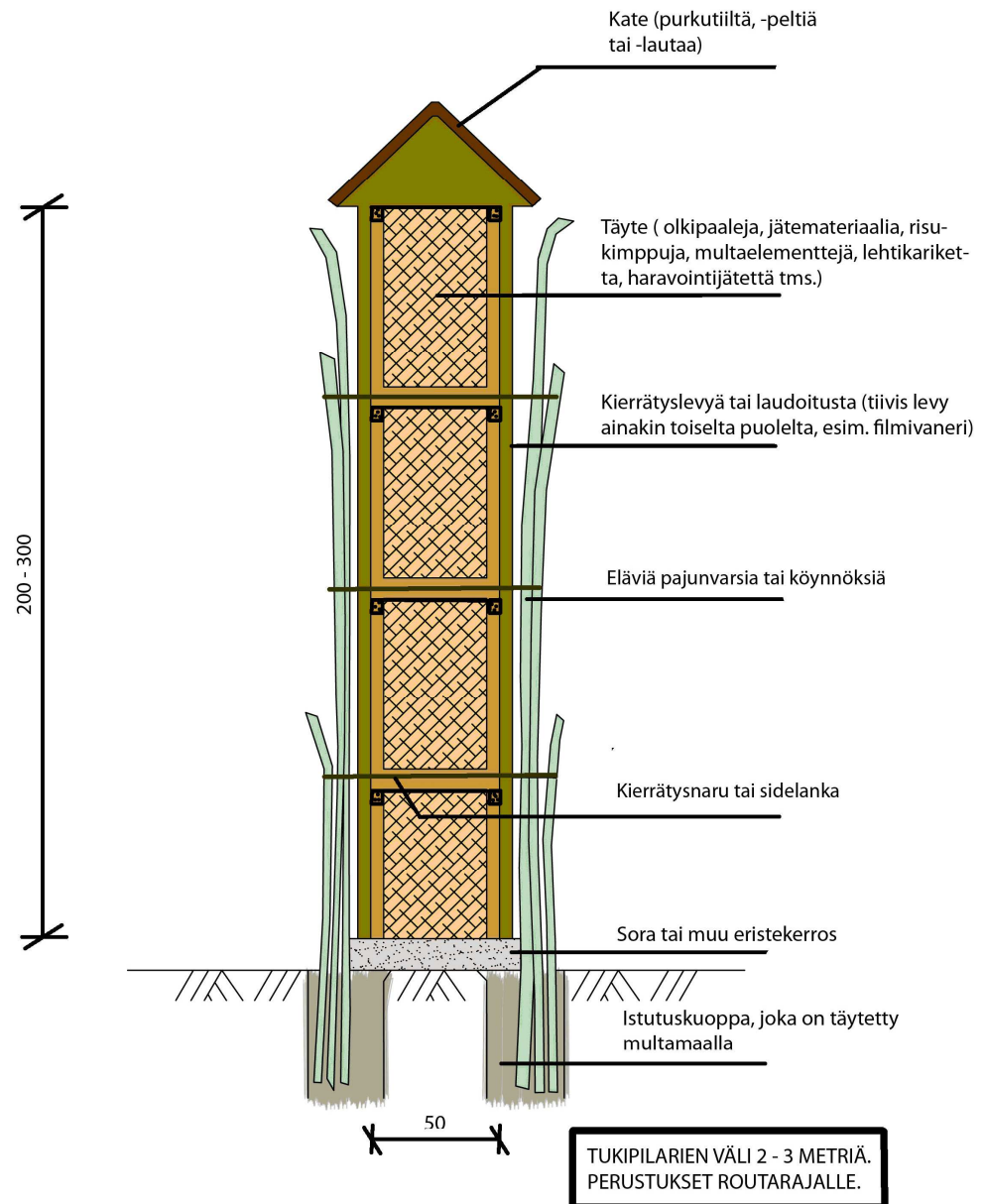


KUVIO 11. Kompostituotteesta rakennettu meluvalli (mitat ovat senttimetreissä).

7.4.2 Ekologinen meluaita

Ekologinen meluaita on monikäyttöisempi kuin meluvalli. Aidan täyte- ja eristeaineena voidaan käyttää samoja materiaaleja kuin meluvallissakin, mutta materiaalien tehoa melun vaimentamisessa tulisi tutkia ja vertailla tarkasti. Ekologisen meluaidan on hyvä olla kevyt ja helppo rakentaa paikanpäällä, jolloin myös kustannukset pienenevät. Paikallisuutta kannattaa suosia myös tässä meluestevaihtoehdossa. Meluaitaa voidaan viherryttää köynnöskasveilla tai istuttamalla esimerkiksi pajuja kasvamaan ikään kuin osana aitaa. Meluaitaan voidaan myös rakentaa pergolamainen ratkaisu köynnöksineen, kuten liitteenä olevassa ulkomaalaisessa esimerkissä Sound Fighter Systems L.L.C. (LIITE 3: KUVIO 19).

Ekologinen meluaita voi olla kanadalaisen esimerkin The Living Wall tyyppinen (LIITE 3). Samantyylinen ratkaisu soveltunee Suomeen, sillä Suomi on Kanadan tavoin luonnoläheinen ja avara maa, jossa massiiviset betonielementit usein rikkoivat maisemakuvaa. Myös olosuhteet ovat lähellä toisiaan. Ehdotetussa meluaidassa käytetään elävää pajuja, ekologista eristeainetta sekä tukirakenteita kuten kierrätyslevyä ja -narua (KUVIO 12).



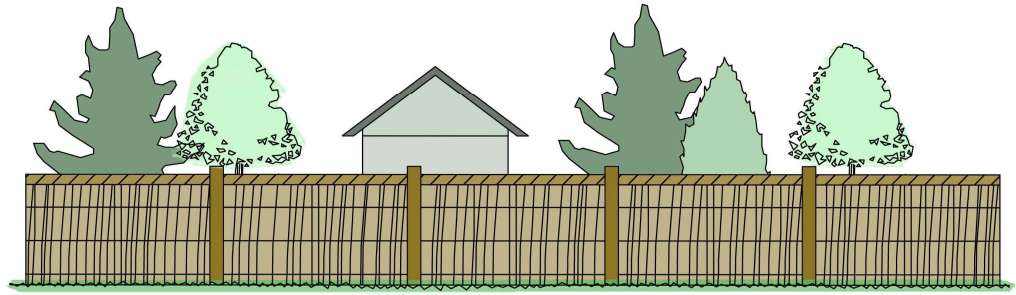
KUVIO 12. Ekologisen meluaidan periaateleikkaus (mitat ovat senttimetreissä ja perustuvat arvioon).

Ehdotetun meluaidan ekologinen eristeaine voi olla jättemateriaalia (esimerkiksi aiemmin ehdotetut muovi ja kompostituote), lehtikariketta, haravointijätettä, multaelementtiä, olkea tai risujätettä. Esimerkiksi risukimppuja ja lehtikariketta voidaan käyttää yhdessä seuraavan kuvan tapaan (KUVIO 13). Eristeaine on kierrätyslevyjen välissä ja levyjen vieressä on tiheästi istutettuja pajunvarsia. Pajunvarret on sidottu kiinni aitaan kierrätysnarulla tai sidelangalla.

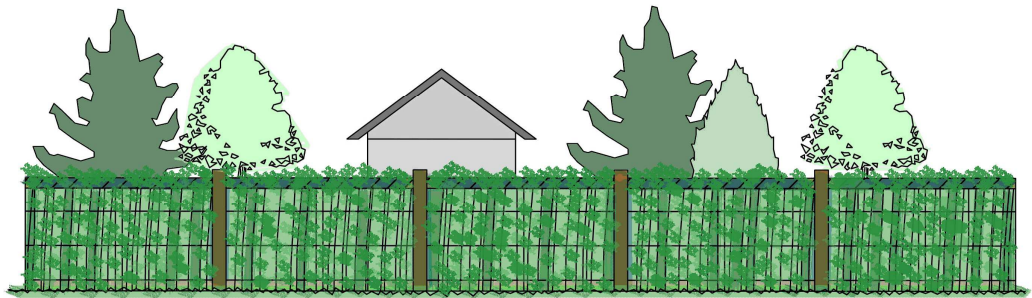


KUVIO 13. Risukimppuja voidaan käyttää ekologisen meluaidan sisällä. (Nerg 2010)

Esitetyn meluaidan pajut tarvitsevat juuritilaa ja sopivan kasvualustan. Pajunvarret tai vaihtoehtoisesti köynnöskasvit on mahdollista laittaa kasvamaan myös suoraan eristeaineesta, jos aineena on käytetty esimerkiksi kovetettua kompostituotetta. Elävien pajunvarsien tilalla voidaan käyttää kaadettua pajua samaan tapaan kuin ulkomaalaisessa esimerkissä ETS (LIITE 3). Tällöin vältetään pajun kastelulta ja leikkaamiselta. Elävän pajun käytössä on kuitenkin merkittäviä etuja, kuten ilman-saasteiden sitominen ja biodiversiteetin tukeminen. Seuraavat kaksi kuviota ilmentävät elävästä pajusta tehdyn meluaidan ulkonäköä heti rakentamisen jälkeen ja vuoden kuluttua rakentamisesta (KUVIO 14, KUVIO 15).



KUVIO 14. Pajulla verhoiltu meluaita heti rakentamisen jälkeen.



KUVIO 15. Pajulla verhoiltu meluaita vuoden kuluttua rakentamisesta.

Kuvion 12 pajulla tai köynnöskasveilla verhoiltu meluaita on vain yksi esimerkki ekologisesta meluaidasta. Toisenlainen vaihtoehto on rakentaa meluaita, jonka näkyvä rakenne koostuu lastauslavoista (KUVIO 16) ja risukimpuista (KUVIO 17). Risukimppuja sidotaan lastauslavojen eteen. Lastauslavoina käytetään kerta-käyttöisiä lavoja, joille ei ole ennestään kierrätys- ja uudelleenkäyttösuunnitelmaa. Lavojen sisässä on ekologista täytemateriaalia kuten muovijätettä, joka eristää ääntä. Lastauslavat voidaan maalata, jotta esteestä tulee siistimpi ja kauniimpi. Lastauslavoja voidaan myös koristaa purkulaudasta tehdyllä vinolaudoituksella.



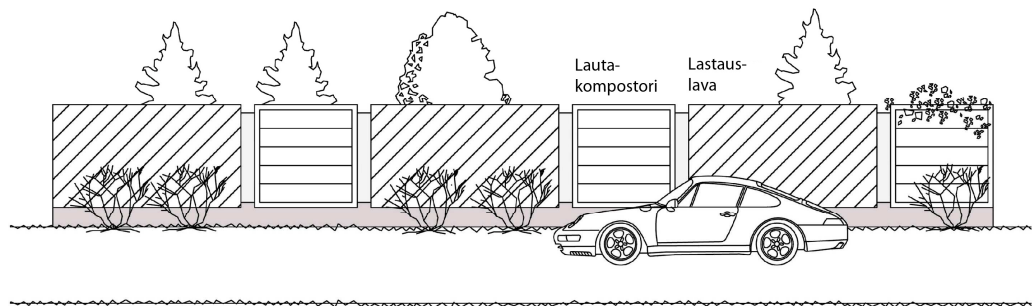
KUVIO 16. Kujalassa on runsaasti lastauslavoja ja muuta puujätettä.



KUVIO 17. Kujalan risujätettä.

Lastauslavoista ja risukimpuista rakennettuun meluesteeseen on mahdollista lisätä ekotehokkaita kompostoreita. Kompostorit on tarkoitettu lähialueiden asukkaiden puutarhajätteen kompostointiin. Tällöin haravointi- ja muulle puutarhajätteelle on tarkoituksenmukainen paikka ja jätteen vieminen esimerkiksi kaupungin puistoihin voi vähentyä. Tällainen melueste onkin enemmän kuin pelkkä meluntorjunnallinen ratkaisu. Se on hyödyllinen lähialueen asukkaille, sekä se saattaa lisätä asukkaiden omatoimisuutta ja huolenpitoa ympäristöstään. Puutarhajätteen huolellinen kompostointi vähentää myös haitallisten lehtokotiloiden määrää. (Nerg 2010.)

Kompostorit yhdistettynä melusteeseen eivät sovellu läheskään jokaiseen ympäristöön. Kompostorin toimivuus tulee taata kaikkina vuodenaikoina ja sen sijoituksesta on myös kuntakohtaisia ohjeita. Melusteesta, johon on suunniteltu yhdistettävien kompostoreita, olisi hyvä tehdä kohdealueen asukkaille asukaskysely. Jos asukkailla riittäisi kiinnostusta, meluste voidaan toteuttaa kompostoreiden kanssa. Melusteisiin on mahdollista integroida myös muita rakennelmia, kuten autokatoksia, maakellareita sekä puuvajeja. Esimerkki ehdotetusta meluaidasta on seuraavassa kuviossa (KUVIO 18).

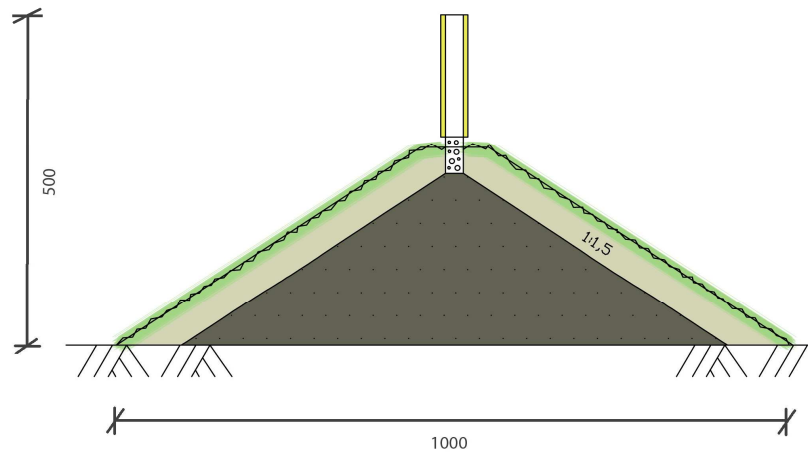


KUVIO 18. Meluaita, johon on yhdistetty lautakompostoreita.

7.4.3 Ekologisen meluvallin ja -aidan yhdistelmä

Ekologisen meluvallin ja -aidan yhdistelmä torjuu hyvin tehokkaasti melua ja se ei ole ulkonäöllisesti niin massiivinen kuin pelkkä valli tai aita. Yhdistelmässä voidaan käyttää kaikkia aiemmin mainittuja materiaaleja ja melusteratkaisuja lukuun ottamatta kompostoreita. Meluaita voikin olla kuvion 12 kaltainen. Viherryttämiseen soveltuvat myös kaikki aiemmat ehdotukset. Sekä valli että aita voidaan viherryttää.

Seuraavassa kuviossa (KUVIO 19) on käytetty meluvallin ja -aidan yhdistelmässä kuonajätettä, jota on Lahden Kujalassa runsaasti. Kuonan käytössä tulee kuitenkin huomioida jätteen epäorgaanisuus. Jäte koostuu hiilestä ja se on rakenneominaisuuksiltaan kuin soraa, jota voidaan seuloa eri raekoiksi. Nykyisin kuonaa käytetään esimerkiksi asfaltin alla tai korvaamassa soraa kentillä. (Honkanen 2010.)



KUVIO 19. Kuvassa on melusteiden yhdistelmä, jossa voidaan hyödyntää kuonaa eriste- ja täyteaineena niin vallissa kuin aidassakin (mitat ovat senttimetreissä).

Kuonatuotteen käyttöä rajoittavat sen korkeat raskasmetallipitoisuudet. Vaikka raskasmetallit eivät ole liukoissa muodossa, voivat sade ja muut tekijät muuttaa sen pH:ta. Kuonaa ei saakaan sijoittaa pohjavesialueille ja sen käyttö vaatii ympäristöluvan. Kuonan käyttö paikallisesti ja rajatusti meluesteenä voisi kuitenkin olla kokeilemisen arvoista. PHJ:lle tulee valtavasti Kotkan Energialta palautuvaa kuonaa, jonka hyödyntäminen olisi toivottavaa. (Honkanen 2010.)

7.4.4 Yhteenveto ehdotelmista

Kuten aiemmin on todettu, meluvallin ja -aidan yhdistelmä on erittäin tehokas keino vaimentaa liikennemelua. Yhdistelmää kannattaa suosia ja siinä voidaan käyttää erilaisia edellä mainittuja ratkaisuja. Materiaaleista muovijätteen hyödyntäminen voi olla varteenotettava vaihtoehto varsinkin, kun komposti- ja kuonatuotteen hyödyntämiseen liittyy ympäristöriskejä. Komposti- ja kuonatuotteen kokeileminen PHJ:llä on kuitenkin kannattavaa, sillä materiaalia on runsaasti ja PHJ:llä riittänee mielenkiintoa tuotteiden jatkokäyttöön esimerkiksi melusteissa. Kokeilussa ja mahdollisessa myöhemmässä käytössä tulee varmistaa, että melueste ei sijaitse pohjavesialueella tai muuten aiheuta ympäristöriskejä.

Risukimput, olkipaalit, haravointijäte ja muut ehdotetut materiaalit voivat toimia ekologisessa pajuaidassa eri ympäristöissä. Lastauslavoista ja lautakompostoreista rakennettu meluaita soveltuu sen sijaan vain rajattuun ympäristöön ja kompostorit tarvitsevat sopivan käyttäjäkunnan. Soveltuvuudesta riippumatta kaikkien ehdotettujen materiaalien käyttäytymistä meluvallissa ja -aidassa olisi hyvä tutkia. Erilais-
ten täyte- ja eristeaineiden kokeileminen on tärkeää, jotta selvitetään parhaimmat akustiset ominaisuudet täyttävä materiaali. Kujalan kokeilu on otollinen tilaisuus päästä kartoittamaan ekologisen meluesteen mahdollisuuksia.

Ehdotettu pajuaita voi olla hyvin käyttökelpoinen ratkaisu ekologiseen meluntorjuntaan. Pajuaita on myös helposti ympäristöön sovittautuva ja se voidaan sijoittaa meluvallin päälle. Ihanteellisin ratkaisu näyttäisikin olevan matalahko ekologinen meluvalli (esimerkiksi KUVIO 10 muokattuna), jonka päällä olisi ekologinen pajuaita (KUVIO 12). Tämänäköistä ekologista meluestettä olisi mielenkiintoista päästä kokeilemaan Kujalassa. Esteen positiivisia ominaisuuksia on koottu alla olevaan taulukkoon (TAULUKKO 7). Taulukkoa voidaan hyödyntää myös yleisesti ekologisen meluesteen ominaisuuksia tarkasteltaessa, jos esteessä on käytetty runsaasti kasvillisuutta.

TAULUKKO 7. Ehdotetun ekologisen meluesteen positiivisia ominaisuuksia

Ominaisuus	Selitys
+ Meluhaittojen vähentyminen	Meluesteen akustiset ominaisuudet
+ Jätteiden väheneminen	Meluesteen rakennusaineet, kierrätys
+ Esteettisyyden lisääntyminen	Meluesteen ulkonäkö, integroituminen hyvin ympäristöön
+ Ilmansaasteiden sitominen	Meluesteen kasvillisuus
+ Hulevesien mahdollinen ohjaaminen, kerääminen, pidättäminen, haihduttaminen tai imeyttäminen	Meluesteen kasvillisuus ja eloperäiset materiaalit, integroituminen ympäristöön
+ Fotosynteesin edistäminen	Meluesteen kasvillisuus
+ Psykologinen vaikutus ihmiselle	Meluesteen kasvillisuus
+ Biodiversiteetin tukeminen	Muun muassa pieneliöt voivat viihtyä

	pajuidassa ja muussa kasvillisuudessa
+ Hiilijalanjäljen pieneneminen	Muun muassa kuljetuskustannukset vähenevät tavanomaiseen melu- sterat- kaisuun verrattuna
+ Paikallisuuden lisääntyminen	Paikalliset rakennusaineet, työvoima
+ Työllisyyden lisääntyminen, yrittä- jyys	Paikallinen vaikutus työllistämiseen, lisää yritystoimintaa ja tukee maaseu- dun elinkeinoja (luonnonmukaiset ra- kennusmateriaalit)
+ Ympäristöystävällisen imagon kehit- tyminen	Ekologinen melu- ste voi kehittää ym- päristöystävällistä imagoa alueelle
+ Yhteisöllisyyden lisääminen	Mahdollista, jos asukkaat osallistuvat rakentamiseen/kunnossapitoon
+ Muotoilu, korjattavuus	Helppo muotoilla ja korjata
+ Innovatiivisuus, strategioiden mukai- suus	Uusi tapa, tukee Lahden kaupungin strategioita

8 YHTEENVETO

Liikennemelu on lisääntyvä ympäristöhaitta, johon tulee suhtautua vakavasti. Meluntorjunta on ollut usein riittämätöntä ja epäonnistunutta resurssien puutteen, päätöksenteon sekä asenteiden vuoksi. Nykypäivänä meluntorjunta on kuitenkin entistä ajankohtaisemmassa asemassa ja siihen panostetaan uudella tavalla. Panostamisen olisi hyvä koskea myös meluntorjunnan ekologisuutta, jota ei ole otettu Suomessa vielä riittävästi huomioon. Voimassa oleva maankäyttö- ja rakennuslaki antaa hyvät lähtökohdat ekologisen meluesteratkaisun etsimiseen.

Kansainvälisesti ekologisia meluesteitä on käytössä eri variaatioineen. Toisaalla ekologisuus huomioidaan pienellä hiilijalanjäljellä, kun taas toisaalla rakennettu melueste on 100-prosenttisesti ekologinen. Varsinaisen ekologisuutensa lisäksi täysin ekologinen melueste esimerkiksi suodattaa ilmansaasteita ja sillä on myönteisiä vaikutuksia biodiversiteettiin. Ekologisesta meluesteestä onkin jo maailmalla tehty innovaatio, jonka tulisi iskostua edelleen Suomeen.

Suomen nykyiset ympäristöystävällisemmät meluesteet ovat kestävän kehityksen mukaisia, mutta valtaosa esteistä on tavanomaisia, energiaa ja luonnonvaroja tuhlaavia. Ekologisten meluesteiden käyttö on tällä hetkellä pienimuotoista ja melko näkymätöntä. Ekologisesta meluesteestä voi saada parhaimmillaan koko alueelle ympäristöystävällisen imagon ja katukuvasta esteettisen ympäristöarvoja tukien. Jätteen määrä vähenee, paikallisuus lisääntyy ja hiilijalanjälki pienenee. Esteiden paikallinen rakentaminen voi lisätä yhteisöllisyyttä sekä työllisyyttä ja esteillä on myös useita muita positiivisia ominaisuuksia.

Tässä opinnäytetyössä on pyritty tuottamaan lisää tietoa ekologisesta meluntorjunnasta meluesteiden osalta, mutta samalla on ollut tarpeellista perehtyä yleisesti meluun ja meluntorjuntaan. Ekologiaan perehtyminen on jäänyt verrattaen suhteellisen vähäiseksi, jota osaltaan selittää ekologisen meluntorjunnan niukka tietomäärä. Haastattelut sekä ulkomaisten ekologisten melueste-esimerkkien tutkiminen ovat olleet tärkeässä asemassa suunnitelmaehdotusten suhteen. Idealuonnokset ovat tietoisesti rajattu koskemaan ekologisia meluesteitä, vaikka meluesteet eivät

ole ensisijainen meluntorjuntakeino. Ekologisinta on saada melupäästöt pienene-mään niin, että mitään uutta ei tarvitse rakentaa. Kasvavien meluhaittojen yleisty-essä on kuitenkin tarpeellista suunnitella uusia meluesteitä.

Ekologisten meluesteiden suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota paikallisesti saataviin materiaaleihin. Käyttökelpoisen kierrätysmateriaalin alueellinen kysely-kartoitus antaa pohjan esteen suunnittelulle. Suuremmassa mittakaavassa uudet ekologiset meluesteet voidaan yhdenmukaistaa ja kaupallistaa, kun tarvittavat tes-taukset, kokeet ja muut selvitykset on tehty. Tutkimukset vaativat resurssisatsausta ja investointeja.

Kujalan pienimuotoisessa kokeilussa riittävät resurssit ainakin kompostituotteen, kuonan, pajun, risukimppujen ja lastauslavojen testaamiseen meluesteissä. Näistä materiaaleista tehtyjä suunnitelmaehdotuksia on mahdollista käyttää kokeilun poh-jana. Tärkeintä on työstää meluntorjunnan ekologisuuksi eteenpäin. Lahti voisi toimia Suomen osalta ekologisessa meluntorjunnassa edelläkävijänä, sillä kau-pungin tavoitteet ja strategiat tukevat ajatusta ekologisesta meluntorjunnasta. Myös kaupungin budjetissa painottuvat ympäristöarvot sekä energiankulutuksen vähentäminen, ja Lahti on tunnetusti vahva ympäristöosaamisen ja liiketoiminnan keskus. (Nerg 2010).

Jo Kujalan testauksen jälkeen suunniteltujen ekologisten meluesteiden kannatta-vuus konkretisoituu. Testi voi kerätä huomiota ja hanke voi saada uusia tukijoita. Esteiden kehittäminen on luultavasti tarpeen, mutta ilman koekäyttöä on vaikea arvi-oida käytännön toimivuutta. Mikäli meluesteet läpäisevät Kujalan rakennetutki-muksen, käytännön testaaminen esteiden akustisista ominaisuuksista olisi tärkeä jatkotutkimuksen aihe. Suunniteltujen täyte- ja eristeaineiden kestävydestä Suo-men sääoloissa on jonkin verran kokemusta, mutta niiden käytöstä meluesteissä ei ole riittävästi tietoa. Tämän takia materiaalien innovatiivinen käyttö oikeissa koh-teissa tulisi aloittaa mahdollisimman pian. Parhaimmillaan hanke sekä koetutki-mukset onnistuvat ja ekologiset meluesteet toimivat esimerkkinä tulevaisuuden meluntorjunnan kehitykselle.

KIRJALLISET LÄHTEET

Ampuja, O. 2007. Melun sieto kaupunkielämän välttämättömyytenä. Melu ympäristöongelmana ja sen synnyttämien reaktioiden kulttuurinen käsittely Helsingissä. Bibliotheca Historica 110. Helsinki: SKS.

Ampuja, O. 2008. Oikeus hiljaisuuteen. Pamfletti. Barrikadi-sarja, No 2. Helsinki: Werner Söderström osakeyhtiö.

Aura, S; Horelli, L. & Korpela, K. 1997. Ympäristöpsykologian perusteet. Porvoo: WSOY – Kirjapainoyksikkö.

Ekologisuus rakentamisessa. 1999. TTKK, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. Tampere: TTKK.

Eurasto, R. 2003. Ympäristömeludirektiivin vaikutukset melun arviointimenetelmiin. Suomen ympäristö 610. Helsinki: Edita Prima Oy.

Haahla, A. 2007. Melu. Teoksessa Huuska, P. & Miinalainen, M (toim.). Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 2007. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2007. Helsinki: Ympäristökeskus.

Hakanen, M. Kestävän kehityksen periaatteet asumisen ja yhdyskunnan suunnittelussa. 1993. Julkaisu B 23. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Heinonen-Guzejev, M. & Vuorinen, H. 2009. Liikennemelun terveysvaikutusten tutkiminen. Suomen ympäristö 5/2009. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ising, H & Kruppa, B. 1993. Noise and disease, Gustav Fischer, Stuttgart.

Jauhiainen, T; Vuorinen, H & Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Suomen ympäristö. Helsinki: Edita Prima Oy.

Karvinen, P. & Savola, A. 2004. Hiljaisuuden keitaat Satakunnassa. HiljaPiSa. Suomen ympäristö 691. Helsinki: Edita Prima Oy.

Koskinen, A. 2009. Uhanalaisia lajeja voi suojella omalla katolla tai puutarhassa. Aamulehti 28.12.2009.

Lahti, T. 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöopas 101. Helsinki: Edita Prima Oy.

Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa. 2001. LIME-työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 493. Helsinki: Edita Oy.

Liikennesektorin ympäristökäsikirja. 2004. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2004. Helsinki: Liikenne ja viestintäministeriö.

Liikonen, L. & Leppänen, P. 2005. Altistuminen ympäristömelulle Suomessa. Tilannekatsaus 2005. Suomen ympäristö 809. Helsinki: Edita Prima Oy.

Meluesteet. 1997. Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 3. Tielaitos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Meluestekäsikirja. 1997. Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisu 18/97. Jyväskylä: Gummerus.

Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma. 2004. Suomen ympäristö 696. Helsinki: Edita Prima Oy.

Nurmi, T; Rekiaro, I. & Rekiaro, P. 2001. Suomalaisen sivistyssanakirja. Jyväskylä: Gummerus.

Ojala, K. 2000. Kestävän yhdyskunnan käsikirja. Jyväskylä: KL-Kustannus Oy.

Pesonen, K. 2004. Hiljaiset alueet. Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden

kriteerit. Suomen ympäristö 738. Helsinki: Edita Prima Oy.

Puun käyttö melusteissa. 1997. Tielaitos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Päivänen, J; Honkanen, M; Päivänen, C. & Lehtonen, H. 1997. Tiekokemus, tie-rakenteet ja taide. Tielaitoksen selvityksiä 16/1997. Helsinki: Oy Edita Ab.

RIL 165-2 Liikenne ja väylät II. 2006. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Selvitys melusteiden tarpeellisuudesta ja kiireellisyysjärjestyksestä Lahdessa. 1980. Lahden kaupunki, teknillinen virasto, liikenne- ja kadunsuunnitteluosasto. Lahti: Lahden kaupungin painatuskeskus.

Starck, J. & Teräsvirta, L. 2009. Melu. Työterveyslaitos. Tampere: Esa Print Oy, Tampere.

Siikanen, U. 2009. Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tervonen, J. & Jylänki, P. 2006. Meluntorjunnan valtakunnallisten linjausten hyödyt ja kustannukset. Suomen ympäristö 821. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tiihinen, J. & Hänninen, O. 1997. Meluntorjunnan perusteet. Meluntorjunnan koulutusaineisto ja käsikirja. Ympäristöopas 18. Helsinki: Oy Edita Oy.

Vahvelainen, S. & Salomaa, E. 2000. Tuotannon ja kulutuksen jätteet, Ympäristö ja luonnonvarat 2000:5. Helsinki: Tilastokeskus.

MUUT LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. 2010. Betoni ja kestävä kehitys [viitattu 3.3.2010]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kest%C3%A4v%C3%A4+kehitys/>

Centria. 2009. Eco Sound Barrier [viitattu 28.2.2010]. Saatavissa: <http://www.ecosoundbarrier.com/Product-Information.html>

ETS. 2010. Green barrier products [viitattu 28.2.2010]. Saatavissa: www.etsluk.com

Finlex. 2010a. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 [viitattu 9.4.2010]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Finlex. 2010b. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista [viitattu 9.3.2010]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>

Helsingin Sanomat, Sunnuntai - 24.3.2002. Infraäänestä ultraääneen. 1. painos [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.hs.fi/arkisto/artikkeli/Infra%C3%A4%C3%A4nest%C3%A4+ultra%C3%A4%C3%A4neen/HS20020324SIIVS0238m?free=Infra%C3%A4%C3%A4ni&date=null&advancedSearch=null&>(linkin avaaminen vaatii HS Digilehden ja arkiston lukuoikeuden)

Hengitysliitto Heli ry. 2010. VOC-päästöt [viitattu 18.3.2008]. Saatavissa: <http://www.hengitysliitto.fi/Home/Muutteisailmaongelmat/Voc-paastot/>

Järvinen, E. 2007. Laajalahden osayleiskaava meluselvitys. Ramboll Finland Oy [viitattu 19.3.2010]. Saatavissa: http://www.heinola.fi/NR/rdonlyres/940B3A98-1169-48E8-91D9-470C49052EB9/0/LK_oyk_melu_teksti.pdf

Honkanen, T. 2010. Toimitusjohtaja. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. Haastattelu 29.3.2010.

Lemmetty, S. 2009. Akustiikan perusteita [viitattu 13.4.2010]. Saatavissa: <http://koti.welho.com/slemmet/tieto/img/aku-diffr.gif>

Liedes, S. 2010. Projektipäällikkö. Patina-kierrätyskeskus. Haastattelu 12.3.2010.

Meluongelmat kasvattavat melusteiden markkinoita. 2002. Rakennuslehti 7.11.2002. Lehtiarkisto [viitattu 26.1.2010]. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/3658.html>

Muovix Oy. 2010. Ympäristö- ja julkisrakentaminen [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa: <http://www.muovix.fi/?path=julkisrakentaminen>

Natural Interest Oy. 2010. Hiilijalanjälki [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: <http://www.naturalinterest.fi/fi/footprints/hiilijalanjelki>

Nerg, S. 2010. Suunnitteluinsinööri. Lahden kaupunki. Haastattelu 12.4.2010.

Paikkala, S-L. 1999. Melu on ympäristöongelma – ja vaikeasti torjuttavissa. Kansanterveyslehti 2/1999, 10.

Peda.net – kouluverkko. 2010. Kognitiiviset toiminnot [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: <http://www.peda.net/veraja/leppavirta/lukio/ps/ps1/1/5>

Rajakiiri. 2010. Miksi YVA? [viitattu 9.4.2010]. Saatavissa: http://www.rajakiiri.fi/Suomeksi/Tietoa_tuulivoimasta/YVA_tietoa/Miksi_YVA

Rossing. 1990. The science of sound [viitattu 19.3.2010]. Saatavissa: <http://www.cs.tut.fi/sgn/arg/klap/da2004/akustiikka.pdf>

RYM-tiedote. 1999. Betonin kierrätyksessä pitkä kehitystyö on johtanut menes-

tykseen [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:

http://www.kolumbus.fi/~hraty/rym/betonin_kierratys.htm

Stacy, M. 2009. Re: Few questions [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Lehtinen, L.
Lähetetty 7.12.2009.

Sound Fighter Systems L.L.C. 2008. Sound Barrier Walls [viitattu 28.2.2010].

Saatavissa: <http://www.soundfighter.com/>

Jätetilasto 2007, Tilastokeskus. 2009. Jätteitä 74 miljoonaa tonnia vuonna 2007.

Tilastokeskus [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:

http://www.stat.fi/til/jate/2007/jate_2007_2009-06-04_tie_001_fi.html

Tiehallinto. 2010. Tieliikenteen melu [viitattu 15.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/13256.PDF>

Tielaitos, kehittämiskeskus. 1995. Tietoa tiensuunnitteluun nro 17. Tielaitos [viitattu 11.4.2010]. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/tietoa_tiensuunnitteluun_17.pdf

The Living Wall. 2010. Sound barrier with soil [viitattu 20.2.2010]. Saatavissa:

<http://www.thelivingwall.net/>

Tilastokeskus. 2009. Jätteitä 74 miljoonaa tonnia vuonna 2007 [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:

http://www.stat.fi/til/jate/2007/jate_2007_2009-06-04_tie_001_fi.html

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 29.10.1992/993. Liite 5 [viitattu 26.2.2010]. Saatavissa: <http://www.lapinliitto.fi/kaavoitus/liite4.pdf>

Valtion ympäristöhallinto. 2010a. Ekotehokkuus [viitattu 3.3.2010]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=180&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2010b. Luonnon monimuotoisuus [viitattu 15.3.2010].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=108&lan=FI>

Valtion ympäristöhallinto. 2010c. Hankkeiden YVA-menettely [viitattu 9.4.2010].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1499&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2010d. Työryhmän ehdotus jätelaiksi ja laiksi ympäristönsuojelulain muuttamisesta [viitattu 9.4.2010]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=115998&lan=fi>

Vapo. 2010. Komposti torjuu sadevesieroosiota [viitattu 18.4.2010]. Saatavissa:

http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysassiakkaat/viherrakentaminen/kompostituotteet/eroosion_estoon/?id=205

Virtanen, P. 2010. Vs: RE: Väl: Yhteydenottolomake [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Lehtinen, L. Lähetetty 3.3.2010.

KUVAT JA TAULUKOT

Kuva 1. Esimerkkejä erilaisista äänen voimakkuuksista. Lähde: Tiehallinto 2010

Kuva 2. Äänitasojen muutosten merkitys ihmiselle. Lähde: Tiehallinto 2010

Kuva 3. Äänen vastaanotto ja meluvaikutuksien välittyminen muihin elinjärjestelmiin Lähde: Ising & Rebentisch 1993

Kuva 4. Melutason aleneminen ajonopeuden laskiessa. Lähde: Tiehallinto 2010

Kuva 5. Diffraktioaalto vähentää meluesteen tehoa. Ääni pyrkii taittumaan meluesteen suojaisalle puolelle. Lähde: Lemmetty 2009

Kuva 6. Hyvän meluaidan ominaisuuksia akustisten ja rakenneteknisten ominaisuuksien kannalta. Lähde: Tiehallinto 2010

Kuva 7. Meluvallin päälle on hyvä rakentaa aita. Lähde: Meluesteet 1997, 14

Kuva 8. Jättemäärät vuonna 2007, miljoonaa tonnia. Lähde: Tilastokeskus 2009

Kuva 9. Patinan muovijätepaali ja taustalla vaahtomuovipaaleja. Valokuva: Lilli Lehtinen

Kuva 10. Muovijätteestä tehty meluvalli. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 11. Kompostituotteesta rakennettu meluvalli. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 12. Ekologisen meluaidan periaateleikkaus. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 13. Risukimppuja voidaan käyttää ekologisen meluaidan sisällä. Valokuva: Seija Nerg

Kuva 14. Pajulla verhoiltu meluaita heti rakentamisen jälkeen. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 15. Pajulla verhoiltu meluaita vuoden päästä rakentamisesta. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 16. Kujalassa on runsaasti lastauslavoja ja muuta puujätettä. Valokuva: Lilli Lehtinen

Kuva 17. Kujalan risujätettä. Valokuva: Lilli Lehtinen

Kuva 18. Meluaita, johon on yhdistetty lautakomposteja. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 19. Kuvassa on kuonasta rakennettu meluvalli sekä meluaita, jonka eriste- ja täyteaineena voidaan käyttää kuonatuotetta. Piirros: Lilli Lehtinen

Kuva 20. Yksi Sound Fighter Systems-yhtiön meluesteistä. Aidassa yhdistyy pergolamalli. Lähde: Sound Fighter Systems 2008

Kuva 21. Poikkileikkaus meluesteestä The Living Wall Lähde: The Living Wall 2010

Kuva 22. Havainnekuva The Living Wall-meluaidasta. Lähde: The Living Wall 2010

Kuva 23. Eco Sound Barrier asentamisvaiheessa. Lähde: Centria 2009

Kuva 24. Living willow. Lähde: ETS 2010

Kuva 25. Woven willow. Lähde: ETS 2010

Taulukko 1. Melulle altistuvien asukkaiden lukumäärä Suomessa melulähteittäin vuonna 2005. Lähde: Tervonen & Jylänki 2006, 29

Taulukko 2. Melun terveysvaikutukset Lähde: Liikennesektorin ympäristökäsikirja 2004, 25

Taulukko 3. Suunnittelijan työpanos ja kustannuslisä arvoluokittain meluestearkkitehtuurissa Lähde: Melustekäsikirja 1997, 111

Taulukko 4. Suhtautuminen melusteiden materiaaleihin Lähde: Päivänen ym. 1997, 50

Taulukko 5. Joidenkin materiaalien ekologisuuteen vaikuttavia ominaisuuksia. Lähde: Ojala 2000; Ekologisuus rakentamisessa 1999; Betoniteollisuus ry 2010

Taulukko 6. Eräiden rakennusaineiden keskimääräinen energiasisältö Lähde: Hakkanen 1993, 60

Taulukko 7. Ehdotetun ekologisen melusteen positiivisia ominaisuuksia. Taulukko: Lilli Lehtinen

LIITTEET

- LIITE 1 Jätteiden käsittely vuonna 2007
- LIITE 2 Luonnonmukaisten rakennusaineiden koostumus
- LIITE 3 Esimerkkejä ulkomaisista ekologisista melueste valmistajista

LIITE 1. Jätteiden käsittely vuonna 2007, 1000 tonnia vuodessa. Lähde: Jätetilasto 2007, Tilastokeskus.

Jätelaji	Käsittelytapa				
	Käsittely yhteensä	Aineskäyttö	Energiskäyttö	Muu poltto	Kaatoaika
Kemialliset jätteet	994,0	77,9	7,1	76,4	832,6
- josta ongelmajätettä	354,9	62,2	6,3	75,8	210,6
Metallijätteet	1 306,0	1 304,0	0,0	0,0	2,0
Lasijätteet	126,1	119,2	0,0	..	6,9
Paperi ja pahvijätteet	799,3	736,0	37,6	0,1	25,6
Muovi ja kumijätteet	63,7	58,8	2,9	0,0	2,0
Puujätteet	12 457,8	4 145,0	8 280,0	8,3	24,5
- josta ongelmajätettä	39,2	0,0	30,9	8,3	0,0
Romujoneuvot	30,3	30,2	0,0	0,0	0,1
- josta ongelmajätettä	22,5	22,4	0,0	0,0	0,1
Sähkö- ja elektroniikkaromu	49,4	39,3	0,0	0,3	9,8
- josta ongelmajätettä	22,7	22,4	0,0	0,2	0,0
Eläin- ja kasvijätteet	458,0	397,4	9,3	0,1	51,2
Kotitalous ja muut sekalaiset jätteet	1 841,7	87,2	76,0	74,0	1 604,5
- josta ongelmajätettä	20,9	0,0	0,0	1,8	19,1
Lietteet	643,8	111,6	243,4	21,3	267,3
- josta ongelmajätettä	83,2	0,6	0,0	19,3	63,3
Mineraalijätteet	53 712,0	13 421,0	7,6	19,4	40 264,0
- josta ongelmajätettä	1 327,6	230,2	0,2	19,3	1 077,9
Muut jätteet	14,7	0,0	0,0	0,3	14,4
- josta ongelmajätettä	1,1	0,0	0,0	0,3	0,8
Yhteensä	72 496,6	20 527,6	8 663,9	200,2	43 105,0
- josta ongelmajätettä	1 871,9	337,8	37,4	125,0	1 371,7

Runko- ja täyteaineet	Käyttö ilman sideaineita	Käyttö sideaineiden kanssa		
		Hieno kiviaines (savi)	Kasvien liimat (ligniini, silika, pektiini)	Muut sideaineet (hartsit, terva, pellavaöljy ym.)
Puuaines				
Raakapuu	Kenttäsahattu-, höylätty, järeä ja pieni pyöreä puutavara, paanu-, päre- ja lautakatto, pölkylattia	Pölkkyseinä, riukuseinä	Lämpökäsitelty puutavara	
Sahanpuru ja höylälästu	Täyte	Kevytsaviharkko, -valumassa		
Lastuvilla				
Hiontajauho				Lattiamatto ”Linoleum”
Tuohi ja kaarna	Tuohikate		Tuohilevy	
Korsiaines				
Oljet	Olkikatto, olkipaali, silpputäyte	Kevytsaviharkko, -elementti, -levy	Korsipuristelevy ”Ol-ha”, olkihirsi	Korsitärkkelyslevy
Ruo’ot	Rappausmatto ”Berger”			
Öljypellava				
Kuituaines				
Puukuitu		Savimaali, kuitusavilevy		
Kuitupellava	Eristenauha, -huopa, rive			
Nokkonen				
Lampaanvilla		Tasoite ”Bore”		
Lehmänkarva	Rive, eristeaine, voilokki	Rappauslaasti		
Siankarva				
Tupasvilla, hamppu, ruokohelpi				
Kiviaines (karkea)				
Massiivikivi	Luonnonkivijulkisivu, seinä, kivijalka, laattalattia			
Sora	Perustus ja kate			
Hiesu ja hiekka	Täyte	Savitiili		
Kivijauheet		Savilaastit		
Humusaines				
	Turvelevy, -tiili ja harkko, pahvitettu turvesilppu ”Silenda”, turvekatto, silpputäyte			
Lietelanta		Savilaastit		

LIITE 3. ESIMERKKEJÄ ULKOMAISISTA EKOLOGISISTA MELUESTEVALMISTAJISTA

Opinnäytetyöprosessin aikana tutustuin muutamaankin ulkomaiseen melueste valmistajaan, jotka huomioivat ainakin jossakin määrin ekologisuuden. Esimerkeistä on koottu lyhyet tiivistelmät seuraavassa järjestyksessä: Sound Fighter Systems L.L.C., The Living Wall, Eco Sound Barrier ja Green Barrier Products.

Sound Fighter Systems, L.L.C., Yhdysvallat

Sound Fighter Systems on Yhdysvaltojen vanhin absorboivien melusteiden valmistaja. Yritys on perustettu vuonna 1973 ja valmistuksen lisäksi se suunnittelee melusteita. Sound Fighter Systems-melusteet vaimentavat melua yleisesti ottaen 15-25 desibeliä. (Sound Fighter Systems L.L.C. 2008.)

Lähetin sähköpostia Sound Fighter Systems -melustevalmistajalle Yhdysvaltoihin. Yrityksen varapääjohtaja Murray Stacy kertoi, että Yhdysvalloissa on noin kourallinen kilpailevia melustevalmistajia Sound Fighter Systems-yrityksen kanssa. Kustannukset ohjaavat eniten melusteiden kehittämistä ja suunnittelua, kun taas ekologisuus on huomioitu jossakin määrin. Melusteissa käytetään neljää pääkomponenttia, joista osa on kierrätettyä. Kaikki osat ovat kierrätettävissä. Yritys pitää ihmisten toiminnoista aiheutuvaa melua ympäristöongelmana ja se pyrkii käyttämään ekologisia elementtejä siinä määrin, että myynti kattaa ekologisuudesta aiheutuvat lisäkustannukset. Seuraavassa kuviossa on yksi yrityksen useista melustemalleista (KUVIO 20). (Stacy 2009.)

LIITE 3. (jatkuu)



KUVIO 20. Yksi Sound Fighter Systems-yhtiön melusteista. Aidassa yhdistyy pergolamalli. (Sound Fighter Systems L.L.C. 2008)

The Living Wall, Kanada

Tutustuin The Living Wall-yritykseen Internetissä. Yrityksen Internet-sivuilla kerrotaan, että yritys on perustettu vuonna 1996 ja se sijaitsee Torontossa, Kanadassa. Saksassa toimii vastaava vuonna 1990 perustettu yritys Freitag-Weidenart, joka tarjoaa The Living Wall -ratkaisuja. The Living Wall tuottaa ekologisia melusteita ja aitoja, joissa yhdistyvät ekologiset periaatteet ja tekninen käytäntö. Yritys on voittanut Green Design Award -palkinnon, mikä on osoitus kunnioituksesta ympäristöystävälliselle suunnittelulle. (The Living Wall 2010.)

The Living Wall -melusteet absorboivat hyvin ääntä ja ne ovat edullisia. Melusteissa käytettävä kasvillisuus juurtuu ja kasvaa nopeasti, jolloin rakenteet sovitautuvat nopeasti ympäröivään maisemaan (KUVIO 21). Kasvillisuutena käytetään koripajua (*Salix Viminalis*), joka on yleinen Kanadassa ja Yhdysvalloissa. (The Living Wall 2010.)

LIITE 3. (jatkuu)



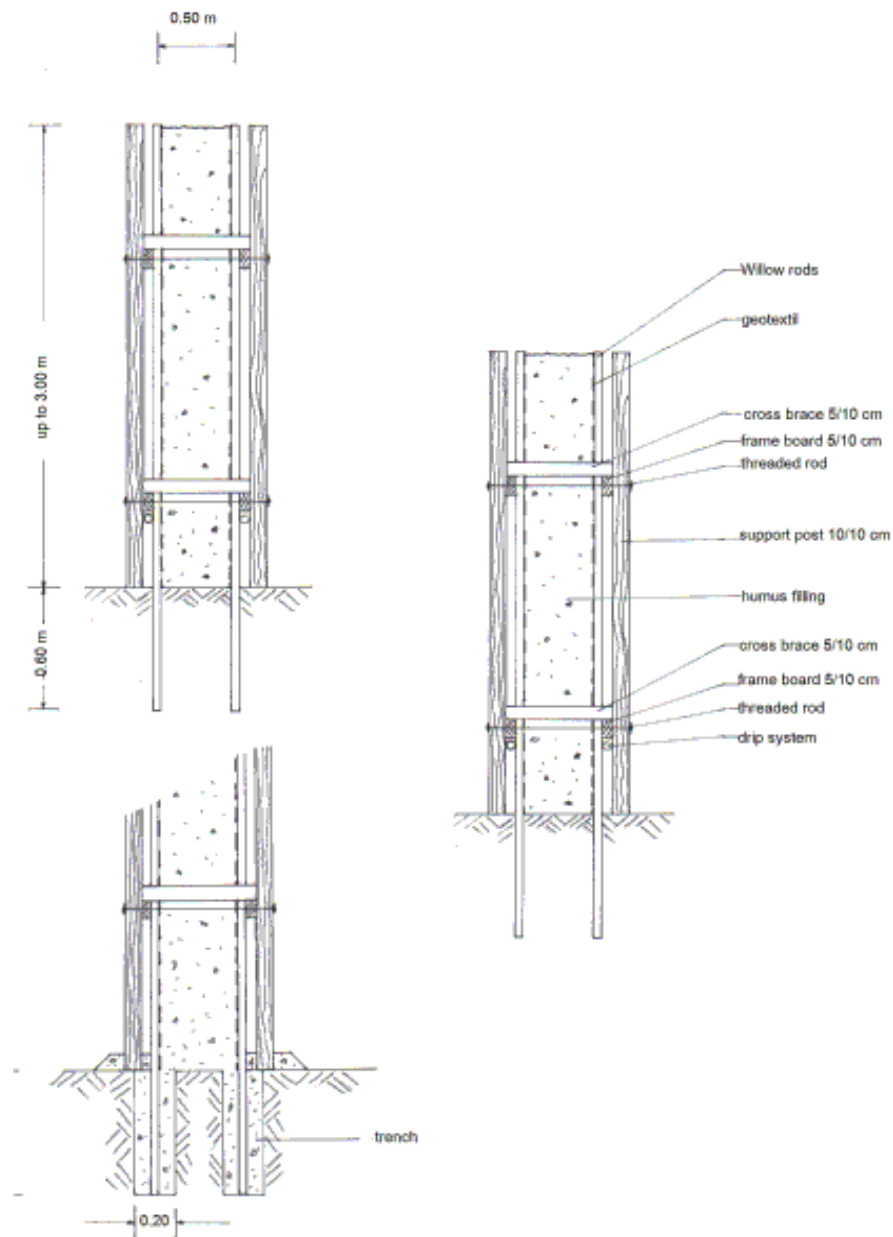
KUVIO 21. Havainnekuva The Living Wall-meluaidasta. (The Living Wall 2010)

Kasvillisuuden juurtuessa se kestää ankarat talvet sekä kuumat kesät, eikä se kärsi pakkasten tai hyönteisten tuhoista. Myöskään tiesuolalla ei ole todettu vaikutuksia pajun oksiin. Kasvillisuus säilyttää esteettisen ulkonäkönsä kaikkina vuodenaikoina. (The Living Wall 2010.)

Rakenteiden kaikki osat ovat 100 %:sti kierrätettäviä. The Living Wall on meluesteenä hyvin ympäristöystävällinen, sillä se edistää fotosynteesiä, saasteiden suodattumista ja maaperän tasapainottumista. Esteillä voi myös olla positiivisia vaikutuksia eläinten monimuotoisuuteen etenkin lintujen suhteen. Meluaidat integroituvat luonnollisesti ympäristöön ja ne eivät ole alttiina graffiteille. Meluaidat soveltuvat yhtälailla suuren mittakaavan projekteihin kuten puistoihin, asuinalueille ja moottoriteille puskurivyöhykkeeksi kuin myös pienemmän mittakaavan projekteihin kuten omakotitalopihalle. (The Living Wall 2010.)

LIITE 3. (jatkuu)

The Living Wall tarjoaa vaihtoehtoisen meluaitaratkaisun standardeille meluesteille. Este koostuu humuksesta ja puusta (koripajun versoista sekä biologisesti hajoavasta puukehikosta), jota havainnollistaa alla oleva kuvio (KUVIO 22). Pajut istutetaan vertikaaliksi maahan ja painetaan vasten humuksesta tehtyä seinää. Rakenne pitää koossa puinen kehys. (The Living Wall 2010.)



KUVIO 22. Poikkileikkaus meluesteestä The Living Wall (The Living Wall 2010)

LIITE 3. (jatkuu)

Eco Sound Barrier, Yhdysvallat

Eco Sound Barrier (KUVIO 23) on yhdysvaltalaisen Centria-nimisen firman meluaitatuote. Meluaita tarjoaa huokean ratkaisun meluntorjuntaan ja siinä on huomioitu myös ympäristöystävällisyys. Aidan esteettisyys perustuu laajaan värivalikoimaan sekä moninaisiin tekstuureihin sekä kuviointeihin, jotka valikoidaan tapauskohtaisesti. Meluaita soveltuu niin moottoriteiden kuin asuinalueidenkin meluntorjuntaan. (Centria 2009.)



KUVIO 23. Eco Sound Barrier asentamisvaiheessa (Centria 2009)

Aita on tehty kestävästä teräksestä ja 23 prosenttia on kierrätysmateriaalista. Koko aita on 100 prosenttisesti kierrätettävä. Aita on kevyt, asentaminen on edullista ja se vaatii tavallista vähemmän rekka-autoja kuljetukseen. Kuljetuskustannusten vähentyminen tarkoittaa myös hiilijalanjäljen pienentymistä. (Centria 2009.)

LIITE 3. (jatkuu)

ETS Green Barrier Products, Iso-Britannia

Britannialainen Environmental Tree Services Ltd (ETS) niminen yritys on erikoistunut ympäristöteknoologiaan. ETS suunnittelee ja valmistaa melusteita, jotka soveltuvat erilaisiin ympäristöihin, ovat ekologisia, kestäviä, tehokkaita ja hintalaatusuhteeltaan hyviä. Meluste koostuu pääasiassa pajusta, mutta siinä käytetään myös terästä. Kaikki osat ovat kierrätettäviä. Melusteita on kahdenlaisia: Green Barrier in *Living Willow* elävästä pajusta ja Green Barrier in *Woven Willow* kaadetusta pajusta. (ETS 2010.)

Molemmilla estetyypeillä on yhtä hyvät meluntorjuntaominaisuudet ja ne on helppo asentaa. Molemmat esteet kestävät hyvin tuulta ja ovat epäsuotuisia pintoja graffiteille. Esteitä ei ole käsitelty kemiallisesti ja ne täyttävät tekniset standardit. Paikallisesti kasvatettu paju tukee ekologista näkökulmaa. (ETS 2010.)

Elävästä pajusta tehty meluste vaatii jonkin verran hoitoa (kastelu, lannoitus ja trimmaus), kun taas kaadetusta pajusta tehty este ei vaadi juurikaan hoitoa. *Living willow* (KUVIO 24) sopii useimpaan maaperään, mutta se vaatii kohtalaisesti auringonvaloa. Sen ulkonäkö vaihtelee vuoden ajan mukaan ja este parantaa ilman laatua absorboidessaan hiilidioksidia sekä vapauttaessaan happea. Lisäksi *Living willow* tarjoaa elintilaa hyönteisille, piennisäkkäille sekä selkärangattomille. *Woven willow* (KUVIO 25) on helppohoitoisempi ja monikäyttöisempi. Sen ulkoasua voidaan täydentää köynnöskasveilla. (ETS 2010.)

LIITE 3. (jatkuu)



KUVIO 24. Living willow (ETS 2010)



KUVIO 25. Woven willow ja portti tehty samaan tyyliin (ETS 2010)